

Le Biomimétisme

Vers des villes régénératives

France Ville Durable
14 avril 2023

Delphine Mathou
delphine.mathou@ceebios.com



Sommaire

01

Ceebios

04

L'approche
fonctionnelle

02

Biomimétisme

05

L'approche
écosystémique

03

Habitat bio-inspiré
et régénératif

06

Mettre en œuvre
une approche bio-
inspirée et
régénérative

07

Pour aller plus loin...





01

Ceebios

Qui sommes-nous ?

Ceebios : raison d'être

**Accélérer la transition écologique et sociétale
en catalysant l'émergence
d'innovations responsables
inspirées du vivant**





EXPLORER

LE POTENTIEL DU BIOMIMÉTISME

Développement
d'outils & ressources

Recherche &
méthodologie

Coopération des sphères
académiques & industrielles

*Faciliter le processus
d'innovation biomimétique*



Ceebios structure
la R&D bio-inspirée
en France



INNOVER

AVEC LE BIOMIMÉTISME

Conseil, études
& ingénierie

R&D bio-inspirée

Management
de l'innovation

De l'idée au prototype



Ceebios, c'est plus de
100 projets d'innovation
bio-inspirée accompagnés



DÉPLOYER

LE BIOMIMÉTISME EN FRANCE

Connexion d'experts

Formation
& enseignement

Animation
du réseau national

Communication

*Diffuser & coordonner
les initiatives bio-inspirées*



Ceebios est un
écosystème coopératif
de + de 500 clients,
partenaires & sociétaires

Ceebios : ils nous font confiance

Chimie Cosmétique & Santé

L'Oréal, Pierre Fabre, LVMH, Seppic, Mibelle Biochemistry, Johnson & Johnson, Naos, Lucas Meyer Cosmetics, Nuxe...

Transport

CNES, Airbus, Renault, Faurecia, Naval group, SNCF, FinX, Michelin...

Bâtiment

Icade, Eiffage, EGIS, Elan, InSitu Architecture, Tangram-Rougerie, APSYS, BNP Paribas Real Estate, Covivio...

Énergie

Rte, Sicame, EDF, Engie, Total Direct Energie...

Matériaux & Ingénierie

Corning, Mäder, Vicat, Poclain Hydraulics, Cetim...

Environnement

Citeo, Suez Environnement, Veolia

Biens & Objets

Maped, Salomon...

Institutions et Collectivités



02

Biomimétisme



S'inspirer du vivant, 3.8 milliards d'années d'évolution

Bio-inspiration



Processus créatif puisant son inspiration dans un ou plusieurs systèmes vivants

Biomimétique



Processus de conception interdisciplinaire entre la biologie et la technologie dans le but de **résoudre des problèmes de conception** par l'abstraction, le transfert et l'application des connaissances issues de modèles biologiques

Biomimétisme

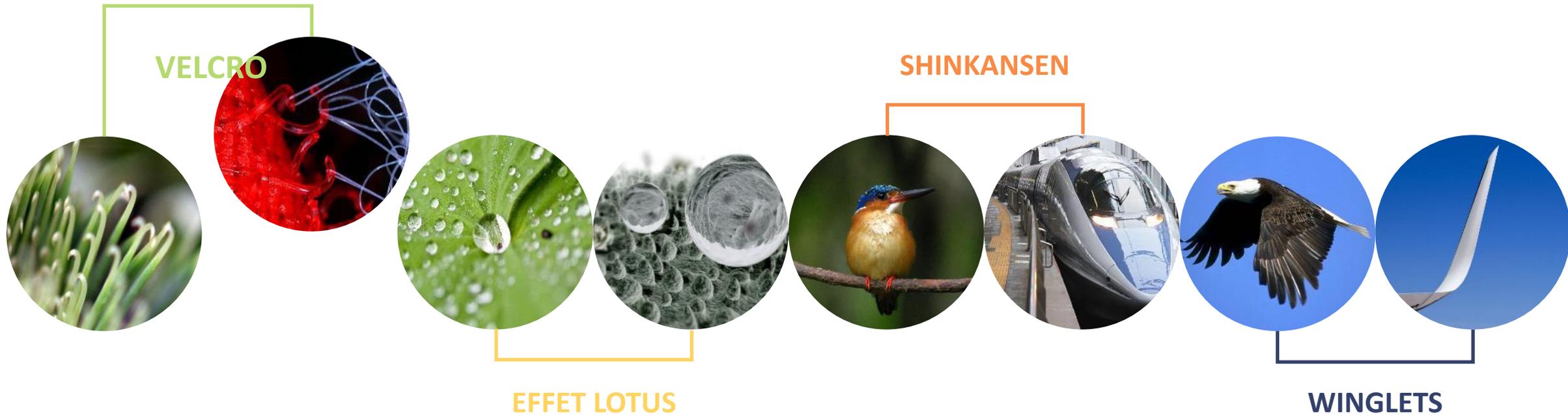


Philosophie (approche) consistant à **prendre la nature comme modèle** afin de **répondre aux enjeux du développement durable**

Bio= Vie, Mimesis = Imiter

[ISO/TC 266]

Exemples emblématiques



Cahier des charges du vivant

Au-delà de la performance fonctionnelle, les principes inspirés du vivant comme cahier des charges de la durabilité.



ÉNERGIE

Énergie solaire
Optimisation de la consommation
Sources diversifiées
Séquestration du CO₂



MATÉRIAUX

Hiérarchisés, hybrides, composites
Multifonctionnels, optimisés, adaptatifs
Auto-assemblés
Recyclables et recyclés



CHIMIE

Composés abondants (O, N, H, C principalement)
T,P modérées
Solvant universel : eau
Catalyse enzymatique



INFORMATION

Capteurs, senseurs performants
Intelligence collective, algorithmes pour gérer la complexité
Stockage moléculaire



EAU

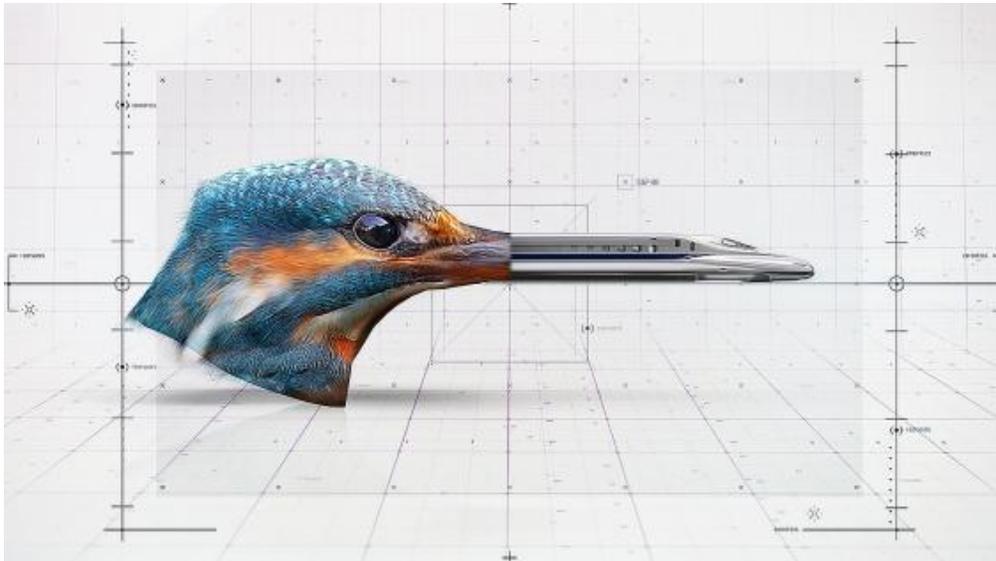
Purification
Collecte adaptée
Stockage, transport, distribution optimisée
Gestion de la surabondance

Biomimétisme

Co-évoluer positivement avec le vivant



Démarche intrinsèquement pluridisciplinaire



Architecture



Biologie



Chimie



Design



Environnement



Ingénierie



Innovation



Physique



Urbanisme

Domaines d'applications



Le biomimétisme en tant que démarche et méthodologie d'innovation est transversal par nature et va impacter presque tous les secteurs d'activités industriels



Habitat bio-inspiré
et régénératif

03



Biomimétisme en milieu urbain

Biophormisme ou Biomimétisme ? Dépasser l'imitation formelle



« Habitat » d'espèce ?

Ouvrir le périmètre et recontextualiser l'immobilier

L'habitat d'espèce

En biologie l'habitat d'une espèce est : un espace de taille variable qui, en regroupant les besoins vitaux d'une espèce (se nourrir, s'abriter et se reproduire), lui permet de vivre. Il est constitué du domaine vital, c'est-à-dire le biotope (milieu physique) qui offre les ressources nécessaires pour l'espèce, et du territoire.



Biomimétisme en milieu urbain

Pourquoi maintenant ?



renovation
allègement
optimisation
température
renouvellement
structure
carbone
matériaux
stockage
dépollution
résilience
biosourcé
confort
thermique

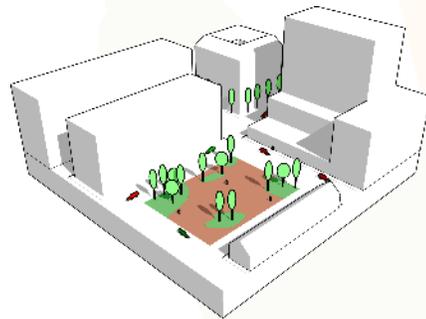
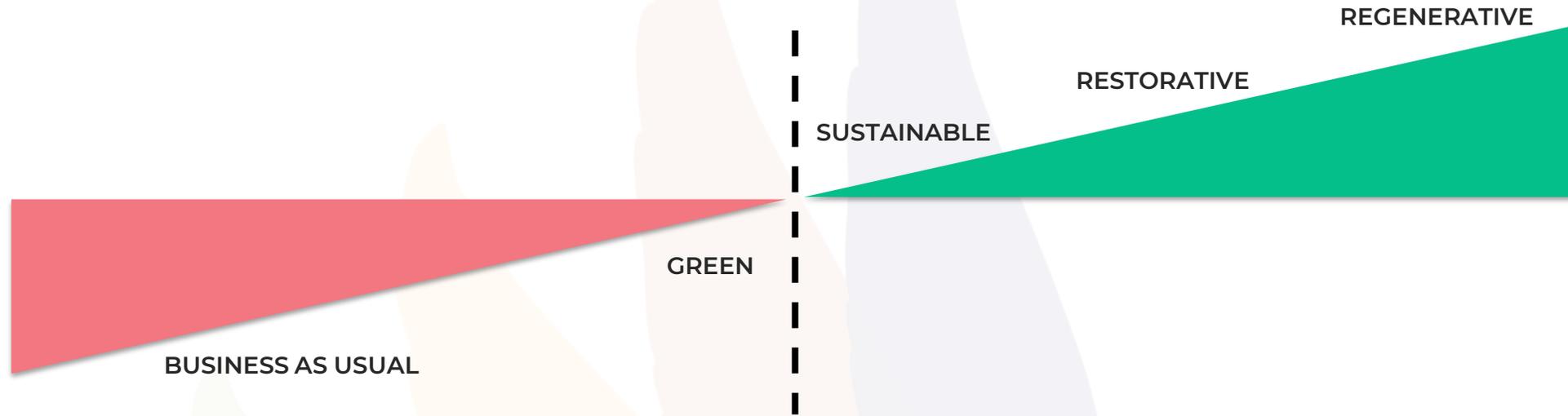
Des organismes biologiques comme modèles de durabilité et d'innovation

12/04/2023

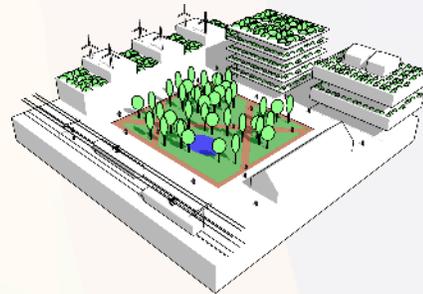


La ville régénérative

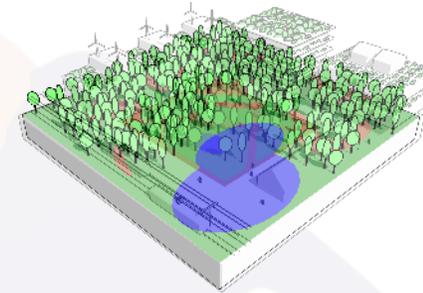
Passer du dégénératif au régénératif



- Imperméabilisation des sols
- Étalement urbain
- Consommation déraisonnable de matières premières
- Éradication de la biodiversité
- Ilots de chaleur
- Émissions de GES



- Étalement urbain
- Éloignement des centres
- Manque de transports
- Architecture/urbanisme problématiques



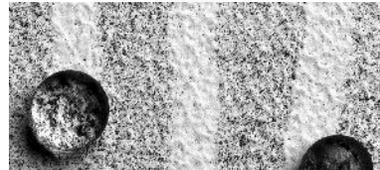
- Circularité des matières
- Symbiose
- Utilisation de ressources abondantes
- Réactions chimiques à pression et température ambiantes
- Régénération des services écosystémiques et de la biodiversité

Biomimétisme au service de la ville régénérative

Diversité des challenges



TEMPERATURE



MATERIAUX



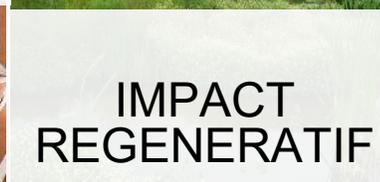
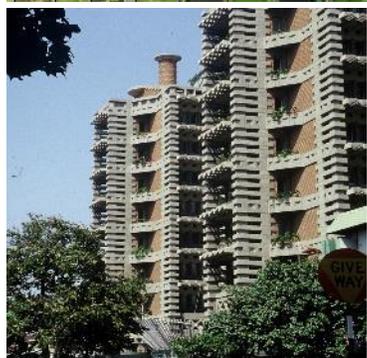
STRUCTURE



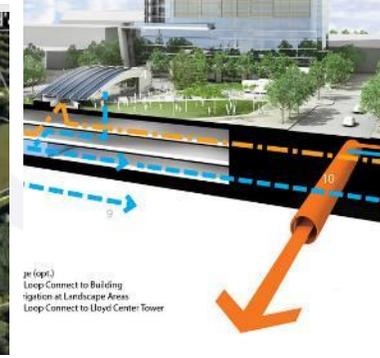
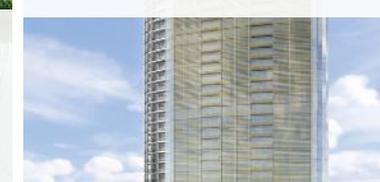
TECHNIQUE DE CONSTRUCTION



FLUX



IMPACT REGENERATIF



3 Types de leçons du vivant

Niveaux de bio-inspiration

Résultats
de l'évolution

1

Forme

Process et stratégies
du vivant

2

Matériaux
& procédés

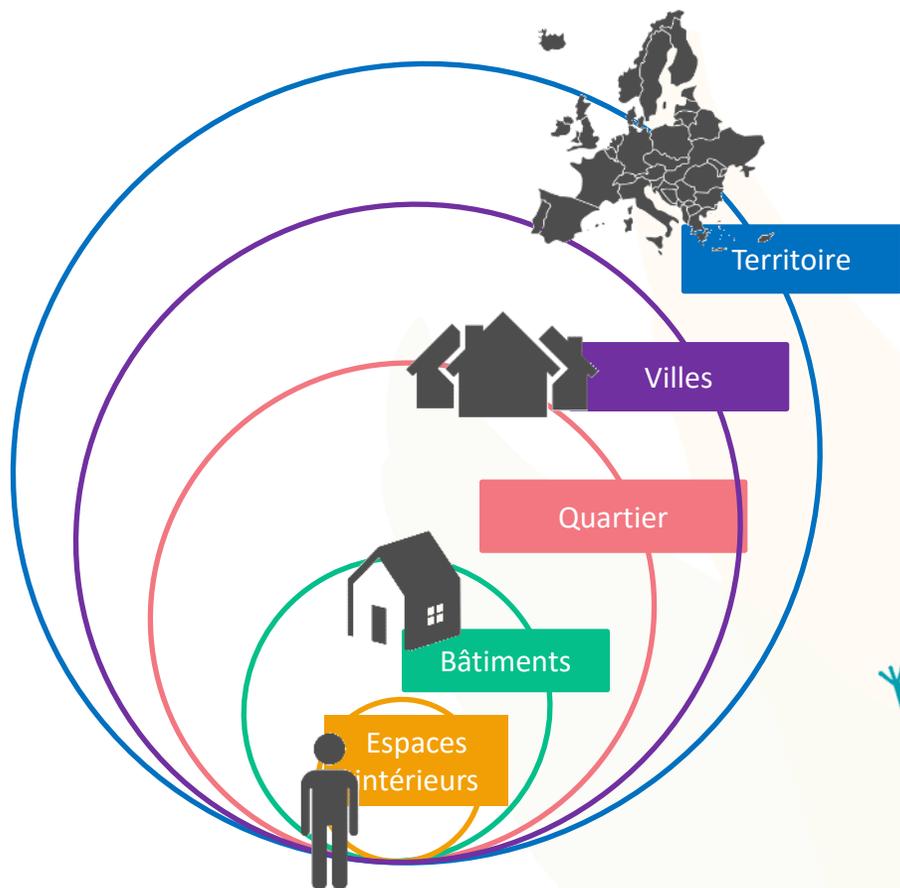
Règles fondamentales du
vivant

3

Systemes

Biomimétisme au service de la ville régénérative

Des approches complémentaires



Approche territoriale —> S'inspirer des principes et stratégies du vivant pour des territoires résilients



Approche écosystémique —> Etude des écosystèmes afin d'améliorer la performance globale du bâtiment, quartier, etc.



Approche fonctionnelle —> Régulation thermique, confort acoustique, régulation lumineuse, structures adaptatives ...



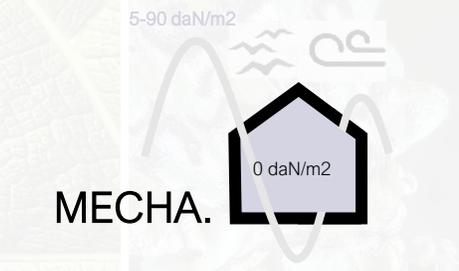
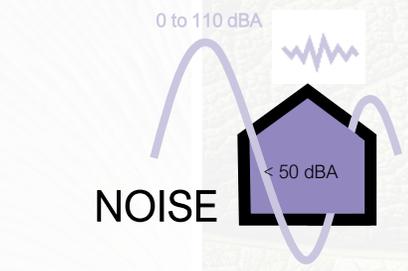
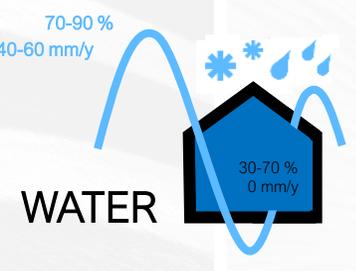
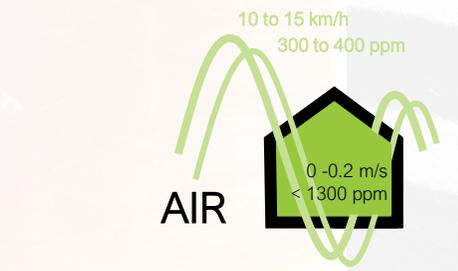
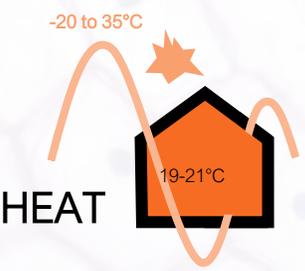
04

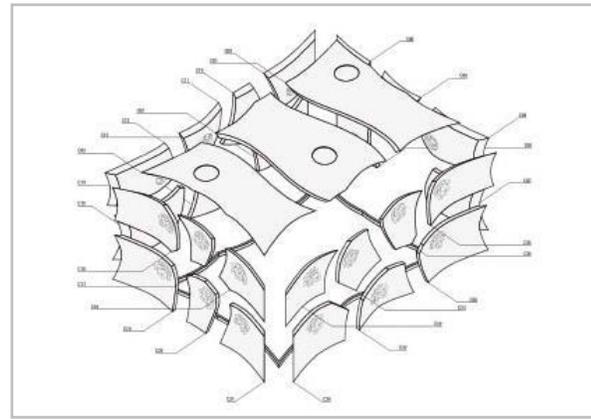
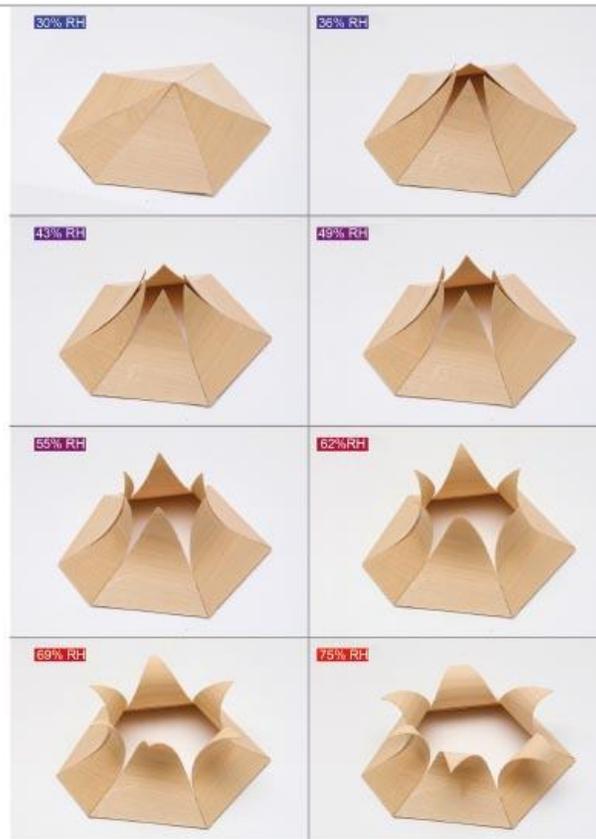
Approche fonctionnelle



Biomimétisme

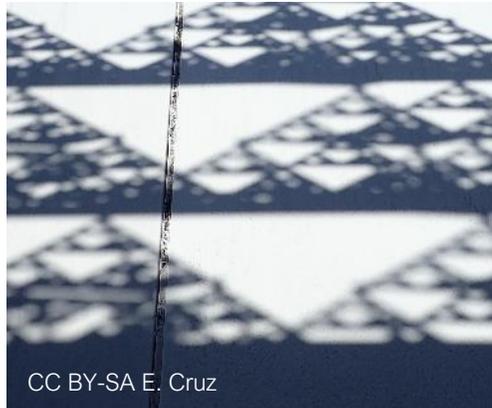
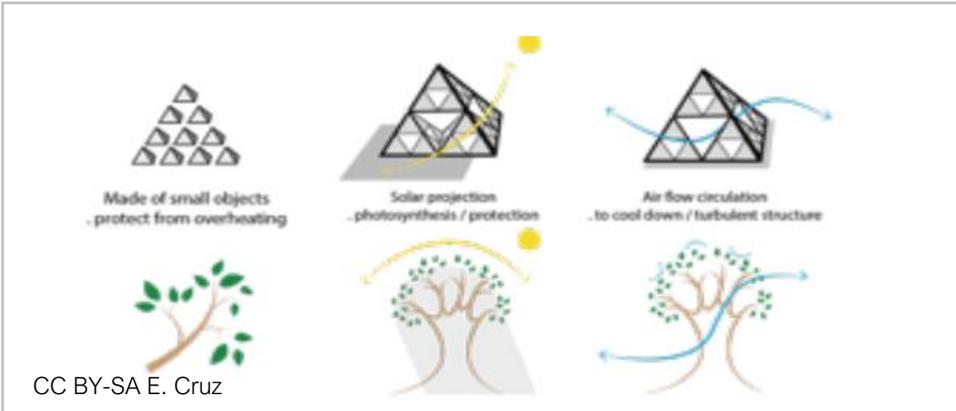
Approche fonctionnelle





ICD Pavillon HygroSkin, 2012

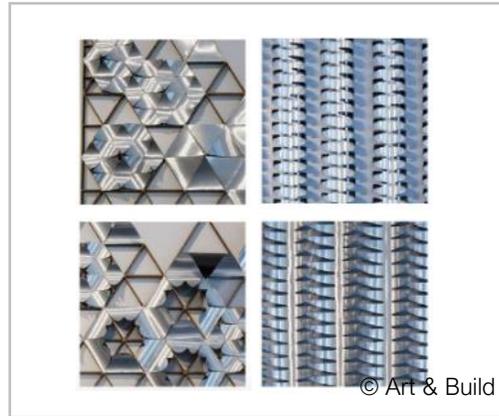
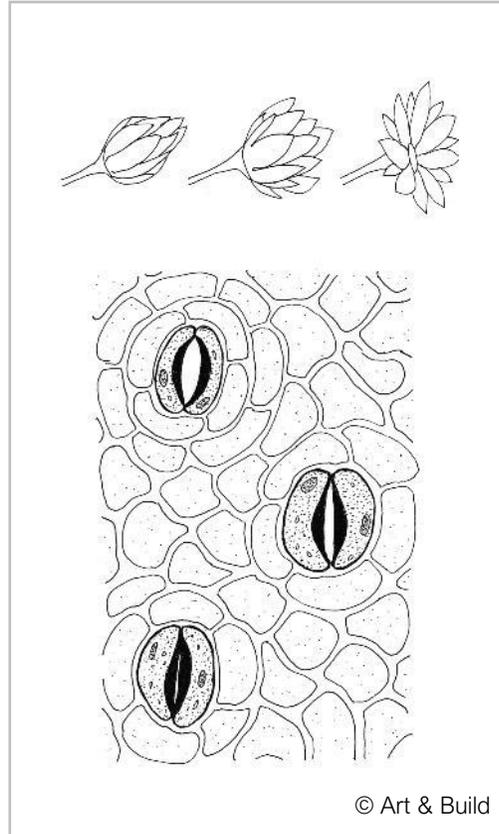
- Pomme de pin
- Matériau auto-réactif
- Régulation thermique & lumineuse



Sierpinski Forest, 2019, Japon

19.000 m²,

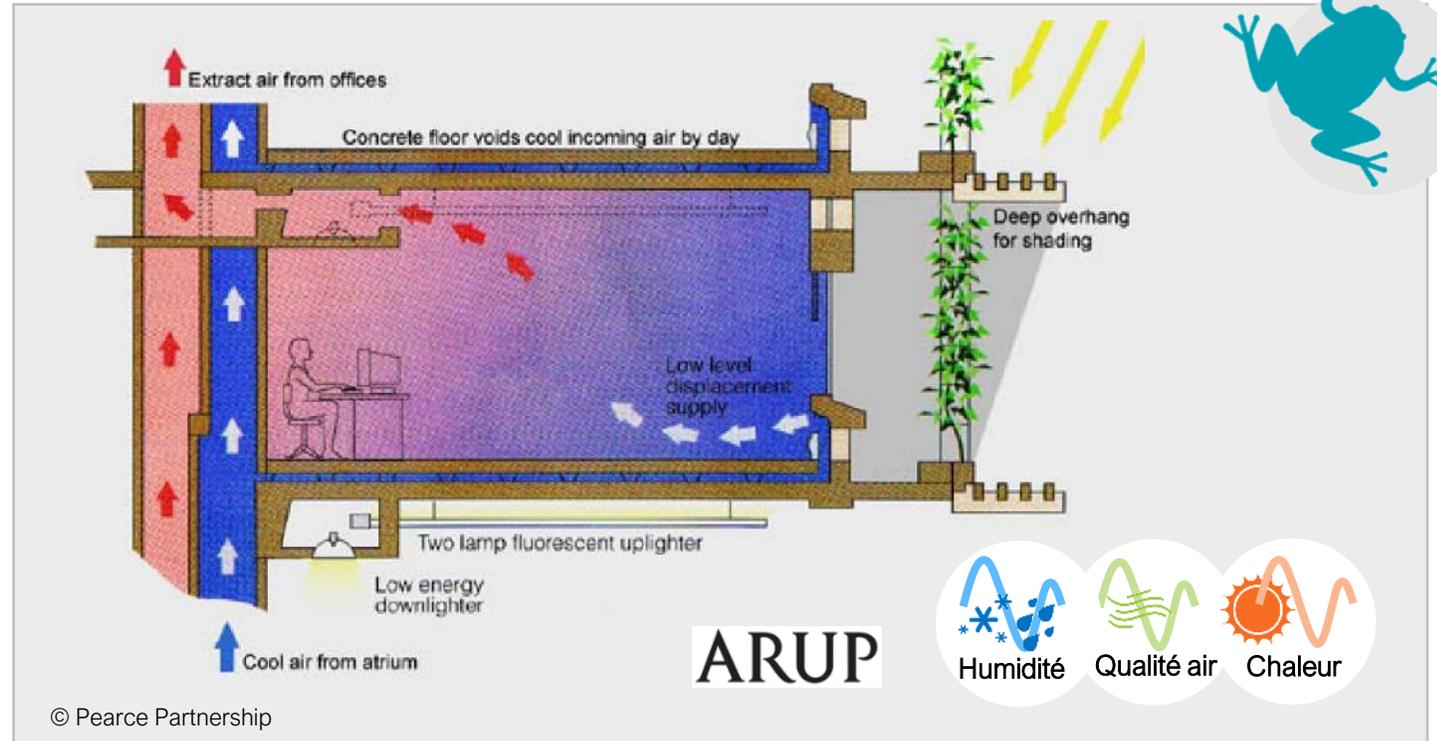
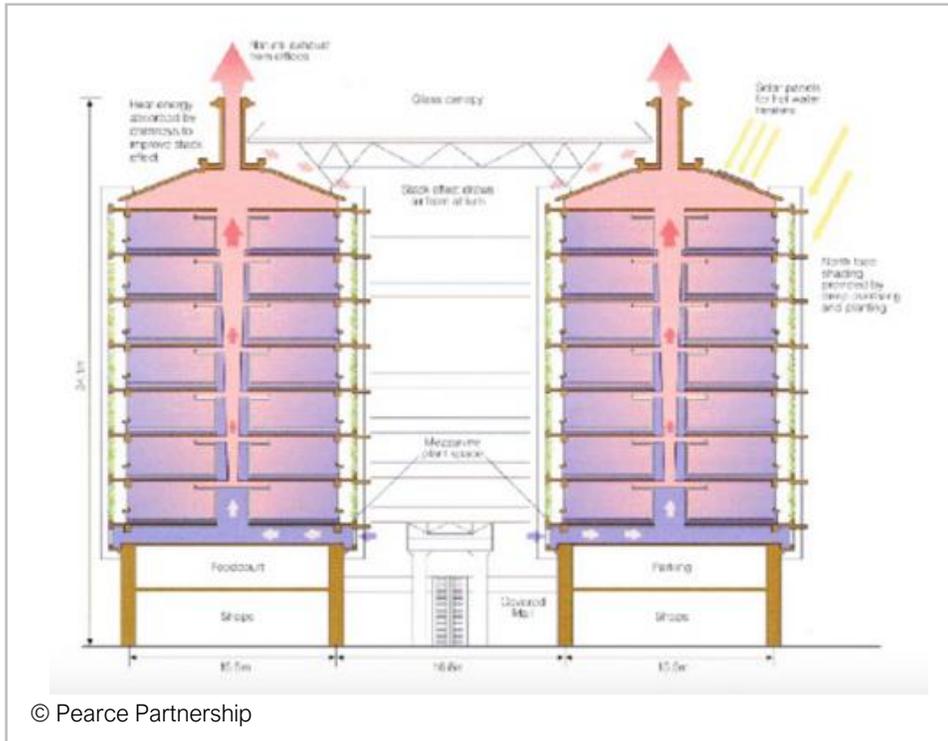
- Structure fractale des arbres
- Systèmes d'ombrage fixe passif
- Limitation échauffement / îlot chaleur
- Régulation thermique / lumineuse



Pho'liage, 2019-2021, Paris / Lyon

CIRC Lyon, Centre recherche Cancer

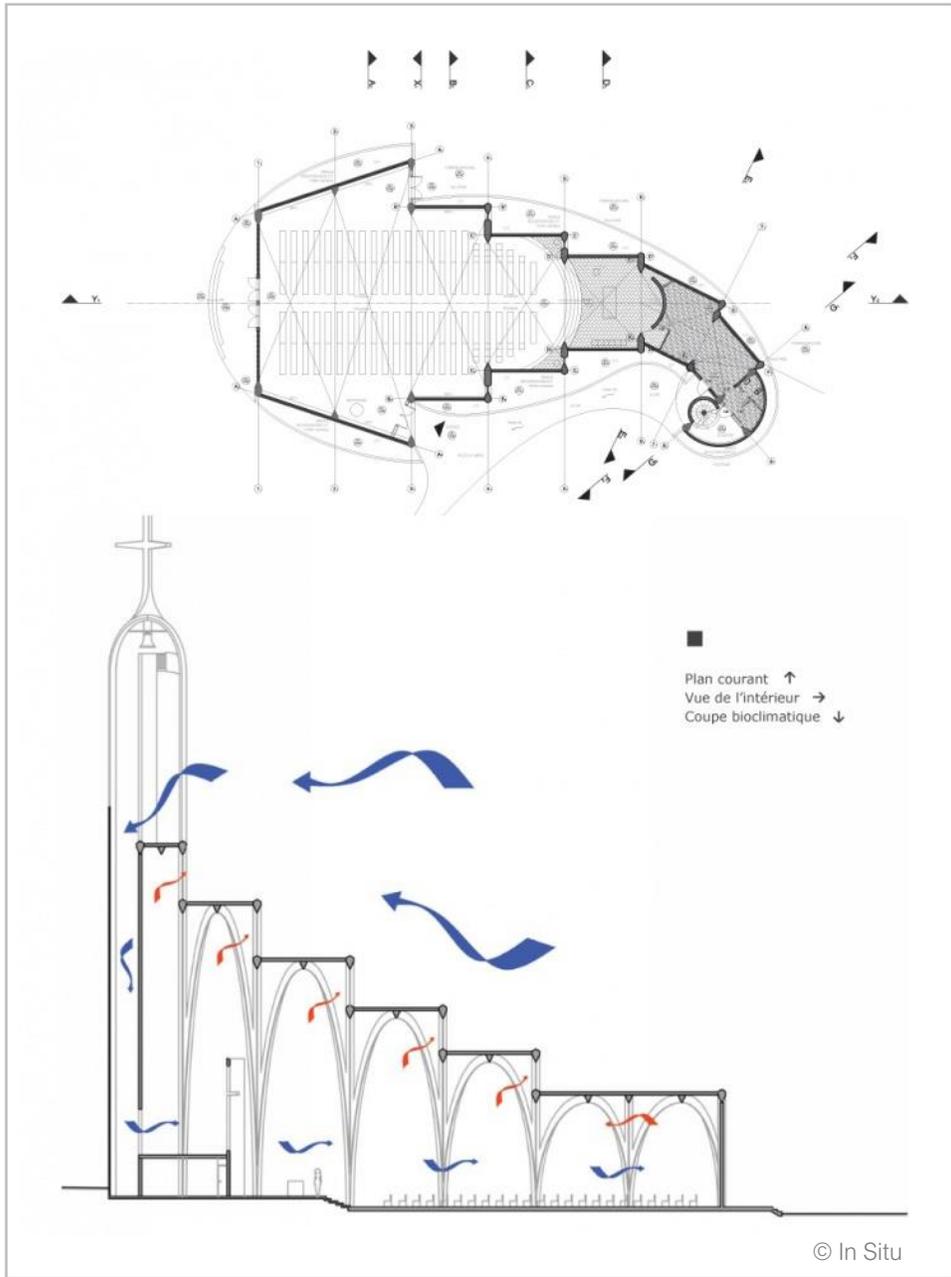
- Brise soleil adaptatif passif
- Adaptation intrinsèque au système
- Limitation échauffement du bâtiment
- Régulation thermique / lumineuse



Eastgate Building, 1996, Harare

26.000 m², 600€/m²

- Termitière (cheminée ouverte)
- Système passif avec chauffage
- inertie thermique structure/sous-sol
- Régulation thermique / qualité air



Eglise Nianing, 2019, Sénégal

457 m², 2320€/m²

- Termitière (cheminée ouverte)
- Système passif / inertie thermique
- Régulation thermique / qualité air

Approche fonctionnelle

Solutions techniques

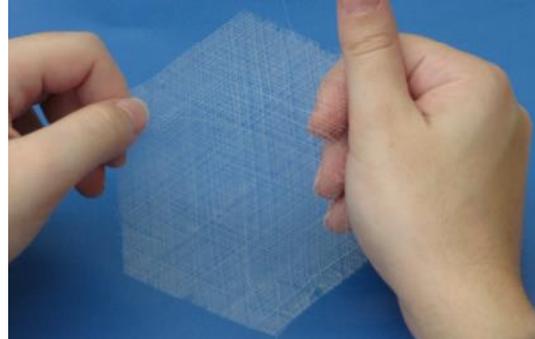


CAELI ENERGIE
CONSCIOUS COOLING



Climatiseur sans fluide frigorigène avec efficacité énergétique - Procédé thermodynamique évaporatif

PureNat



Produits de purification de l'air à partir d'un fil dépolluant biomimétique

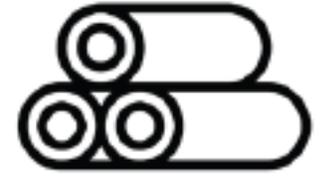
ecoGranic®



Pièce préfabriquée en béton de haute résistance qui contribue activement à l'élimination des polluants atmosphériques grâce à un processus similaire à la photosynthèse des plantes.

Approche fonctionnelle

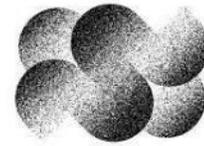
Solutions techniques



Interface®



Moquette neutre, voire positive en carbone.



SCALE



Matériau pour l'aménagement intérieur conçu à partir d'écaillés de poisson

MOGU

RADICAL BY NATURE



Dalles de sols en mycélium sur déchets de biomasse agricole avec une forte ambition écologique

Approche écosystémique

05





Groupe scolaire des sciences et de la biodiversité, Chartier-Dalix, Boulogne-Billancourt (92), 2014.



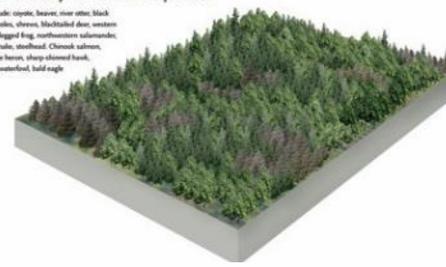
Bullitt Center, Seattle, Washington, USA, 2013





Pre-development Habitat Conditions
Tree cover 90%
54 acres of Mixed Conifer Forest
Broad Diversity of Wildlife Species

The species include: coyote, beaver, river otter, black bear, raccoon, mink, skunk, black-tailed deer, western pond turtle, red-legged frog, northwestern salamander, western garter snake, steelhead, Chinook salmon, regent great blue heron, sharp-shinned hawk, red-tailed hawk, waterfowl, bald eagle



2050 Habitat Conditions
Tree cover 25-30%
 Potential native tree species include Douglas fir, red alder, bigleaf maple

2050 Primary Goals
 Establish wildlife connectivity through the creation of wildlife corridors linking the Lloyd Crossing area with significant adjacent habitats such as the Willamette River and Sullivan's Gulch

2050 Secondary Goals
 On-site: Creation of a habitat corridor, providing avian, aquatic and insect habitat. Rainfall gardens providing avian and insect habitat. Increased Tree Canopy providing avian habitat. Understory planting along geometry providing avian habitat.
 Off-site Recommendations: Sullivan's Gulch Wildlife Corridor providing avian, terrestrial and insect habitat. Stream Restoration along Sullivan's Gulch providing avian, invertebrate and aquatic habitat.
 Stormwater treatment and detention facilities providing avian, invertebrate and possible aquatic habitat. Use of corridors wherever possible.



Precipitation
 64,000,000 gallon/yr



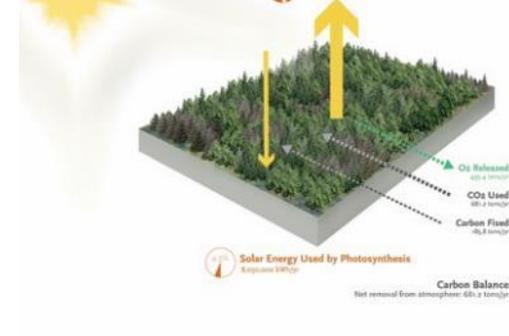
2050 Per Plan Water Use Conditions

Precipitation
 64,000,000 gallon/yr



Pre-development Energy Use Conditions

Solar Energy Input
 161,006,000 kWh/yr



2050 Per Plan Energy Use Conditions

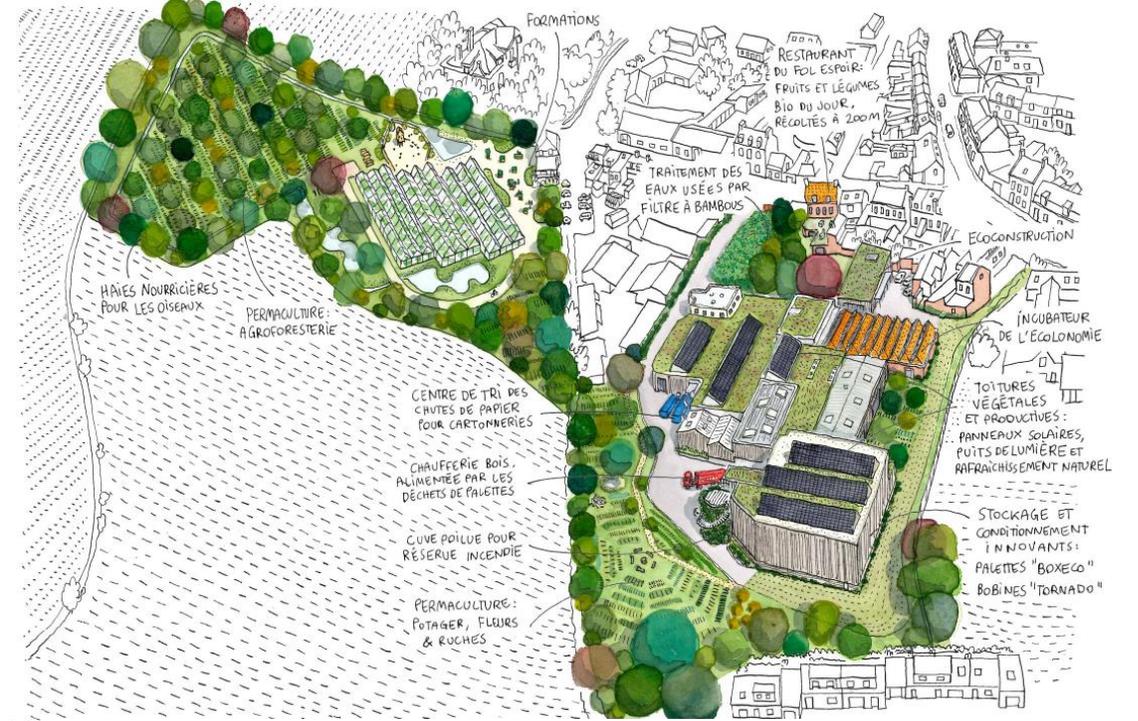
Solar Energy Input
 161,006,000 kWh/yr



Lloyd Crossing Project, Portland, USA, 2004.

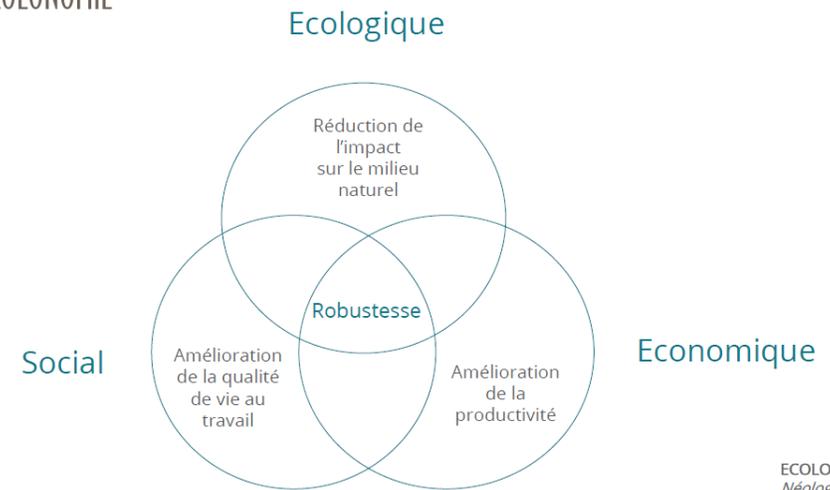


POCHECO - 2008



POCHECO - 2018

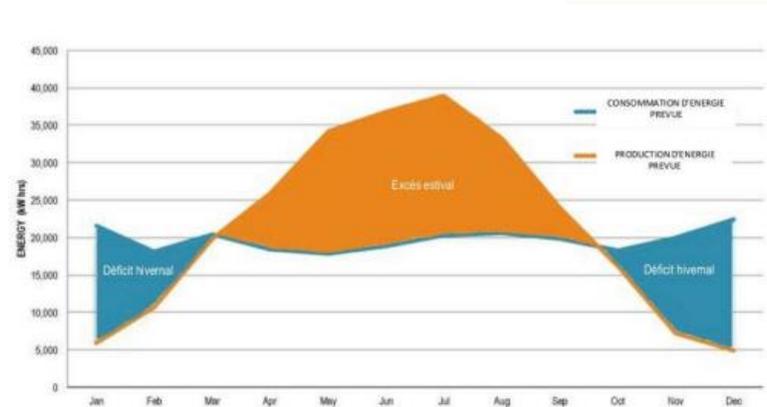
L'ÉCOLONOMIE



ÉCOLONOMIE [eklɔnɔmi] n. f.
Néologisme apparu en 2008,
dérivé du grec oikos, lógos et
nómos. 1. Art de réduire son
impact sur le Vivant tout en
faisant des économies.
« Économie = écologie +
économie »

source: thomas d'arbois de jacques

Les labels



Living Building Challenge (LBC)



LIVING BUILDING CHALLENGE[™]
LIVING CERTIFICATION

134

CERTIFIED PROJECTS AROUND THE WORLD

26

LIVING PROJECTS AROUND THE WORLD

690

REGISTERED PROJECTS AROUND THE WORLD



PETAL CERTIFICATION



Responding to climate change with holistic high performance.

Required Imperatives:

- C1 01 Ecology of Place
- C2 04 Human Scaled Living
- C3 05 Responsible Water Use
- C4 07 Energy + Carbon Reduction
- C5 09 Healthy Interior Environment
- C6 12 Responsible Materials
- C7 17 Universal Access
- C8 18 Inclusion
- C9 19 Beauty + Biophilia
- C10 20 Education + Inspiration

One pillar of deep regenerative design built on a holistic high-performance foundation.

All Core Imperatives are required, plus the remaining Imperatives to complete either the Water, or Energy or Materials Petal.

ALL CORE IMPERATIVES

Water

- 06 Net Positive Water

Energy

- 08 Net Positive Carbon

Materials

- 13 Red List
- 14 Responsible Sourcing
- 15 Living Economy Sourcing
- 16 Net Positive Waste



World class efficiency and characteristics, reinforcing a fossil fuel free future.

- 100% building energy load offset with on-site renewables, driving efficiency
- Pathway for premium off-site renewables for certain project types



Carbon neutral with top tier efficiency.

- 100% building energy load offset with on- or off-site renewables
- For existing buildings, combustion allowed
- Embodied carbon reduction and offset

Summit of holistic aspiration and attainment; fully restorative.

All Imperatives must be achieved to certify:

- 01 Ecology of Place
- 02 Urban Agriculture
- 03 Habitat Exchange
- 04 Human Scaled Living
- 05 Responsible Water Use
- 06 Net Positive Water
- 07 Energy + Carbon Reduction
- 08 Net Positive Carbon
- 09 Healthy Interior Environment
- 10 Healthy Interior Performance
- 11 Access to Nature
- 12 Responsible Materials
- 13 Red List
- 14 Responsible Sourcing
- 15 Living Economy Sourcing
- 16 Net Positive Waste
- 17 Universal Access
- 18 Inclusion
- 19 Beauty + Biophilia
- 20 Education + Inspiration



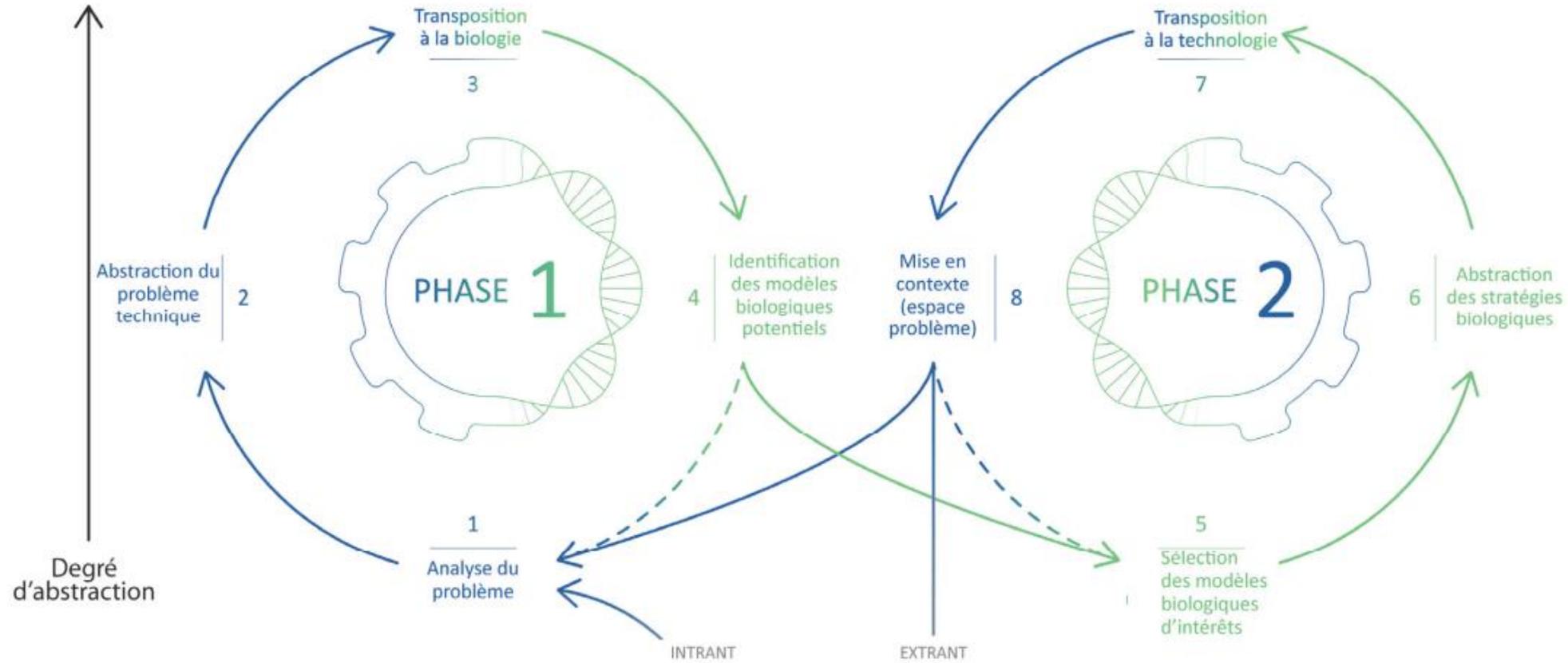
Mettre en oeuvre
une approche bio-
inspirée
régénérative

06



Déclinaisons opérationnelles

Approche fonctionnelle



Processus de conception biomimétique problem-driven unifié

Déclinaisons opérationnelles

Evaluation des services écosystémiques



12/04/2023

Contributions de la nature aux personnes (IPBES, 2019):

1. Création et entretien d'habitats
2. Pollinisation et dispersion des graines et autres propagules
3. Régulation de la qualité de l'air
4. Régulation du climat
5. Régulation de l'acidification des océans
6. Régulation de la quantité d'eau douce, de sa localisation et de son cycle temporel
7. Régulation de la qualité de l'eau douce et des eaux côtières
8. Formation, protection et décontamination des sols et des sédiments
9. Régulation des risques et des événements extrêmes
10. Régulation des organismes nuisibles à l'homme
11. Énergie
12. Denrées alimentaires et aliments pour animaux
13. Matériaux et assistance
14. Ressources médicinales, biochimiques et génétiques
15. Apprentissage et inspiration
16. Expériences physiques et psychologiques
17. Soutien des identités
18. Maintien des options

Avec un écologue

Ce document est propriété du Ceebios (tous droits réservés)

12/04/2023

Ce document est propriété du Ceebios (tous droits réservés)

Déclinaisons opérationnelles

Projet urbain régénératif

Principes du projet urbain régénératif

Objectifs



A. Impact positif et mutuel



B. Coévolution

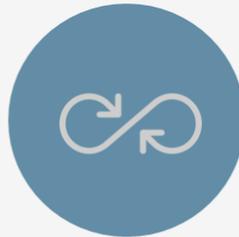
Conception



I. Diagnostic du site



II. Participatif et communautaire



III. Processus continu

Contribuer à une **amélioration des conditions de l'ensemble du socio-écosystème** du projet

Aboutir à des **socio-écosystèmes fonctionnels, résilients et évolutifs**

Etablir le **diagnostic systémique** du fonctionnement social et écologique du site

Permettre la compréhension des logiques, besoins et aspirations du site et la définition des critères qui vont **guider le choix des stratégies** d'aménagement à impact positif

Déclinaisons opérationnelles

Régénératif & Services écosystémiques



Deux leviers d'action :

1. Réduire les pressions infligées aux écosystèmes
2. Régénérer leurs structures biophysiques

←  **Levier 1 : Régénérer l'écosystème**



Le projet urbain bio-inspiré & régénératif

Le référentiel Ceebios

4 dimensions
12 challenges
18 strategies
26 indicateurs



Indicateurs et stratégies opérationnels

de mesure de l'impact écologique positif d'un projet urbain et d'estimation de sa production de services écosystémiques

Dimension	Thème	Stratégie	Titre indicateur
Flux d'énergie	Électricité	1. S'appuyer sur les énergies renouvelables	1. Énergie renouvelable
		2. Réduire la consommation d'énergie	2. Consommation d'électricité
	Îlots de chaleur	3. Gérer les îlots de chaleur	3. Surface à albédo élevé
Flux de matériaux	Ressources en eau	4. Réduire la consommation d'eau	4. Consommation d'eau
		5. Gérer l'eau de pluie à l'échelle de la parcelle	5. Gestion des eaux pluviales
		6. Gérer durablement les eaux usées	6. Surface perméable
		7. Promouvoir la circularité des matériaux de construction	7. Gestion des eaux usées sur place
	Matériaux de construction	8. Prioriser la rénovation et le réaménagement	8. Indicateur de circularité des matériaux
		9. Utiliser des matériaux sains	9. Taux de rénovation
	Gaz à effet de serre	10. Réduire l'empreinte carbone	10. Matériaux à faible risque
		11. Promouvoir les modes de vie à faibles émissions	11. Carbone incorporé
	Alimentation	12. Inciter la production alimentaire locale	12. Bilan annuel des GES
	Pesticides/engrais	13. Minimiser les intrants (0 phyto)	13. Zone de production alimentaire
			14. Engrais et pesticides
			15. Gestion locale des déchets organiques
	Déchets	14. Gérer durablement les déchets	16. Taux de mise en décharge
			17. Taux de recyclage
18. Protection des zones sensibles			
Structure abiotique	Structure physique	15. Protéger et restaurer les milieux naturels	19. Restauration écologique
		16. Réduire l'emprise au sol	20. Changements topographiques
	21. Restauration des sols	22. Compensation de l'artificialisation	
		23. Zone du projet construite sur des zones urbanisées	
Structure biotique	Habitat	17. Créer de l'habitat naturel	24. Espaces verts urbains
			25. Facteur de surface des biotopes
	Réseau écologique	18. Améliorer la connectivité du réseau écologique	26. Connectivité des espaces verts (à l'extérieur de la parcelle)

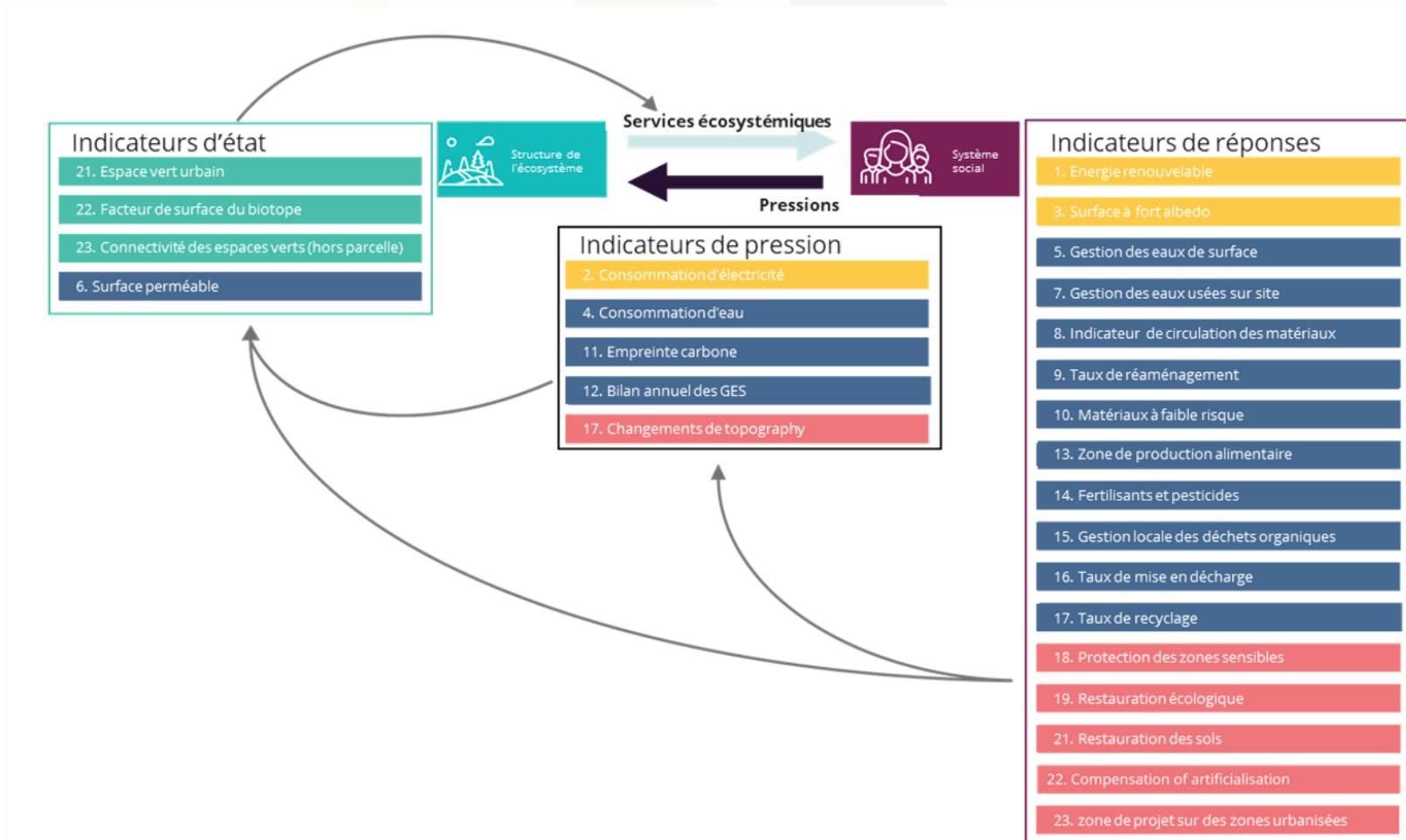
Extrait de thèse *Aménager des bénéfices pour la nature et la société : Un cadre de conception urbaine basé sur le biomimétisme des écosystèmes et la conception régénérative*, 2022

© Eduardo Blanco - Ceebios - Muséum national d'Histoire naturelle



Le projet urbain bio-inspiré & régénératif

Le référentiel Ceebios – 26 indicateurs



R&D sur la ville bio-inspirée et régénérative à Ceebios

- 3 theses de recherche
- Un groupe de travail sur la méthodologie du biomimétisme
- Une recherche-action-transmission sur la bio-inspiration territoriale



PhD Anneline Letard 2018-2021
Knowledge transfer through the creative approche of design



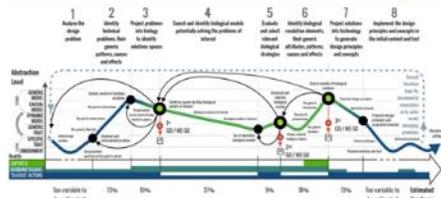
PhD Estelle Cruz 2017-2021
Bio-inspired building envelopes for multi-functional facades



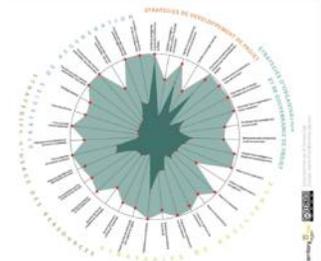
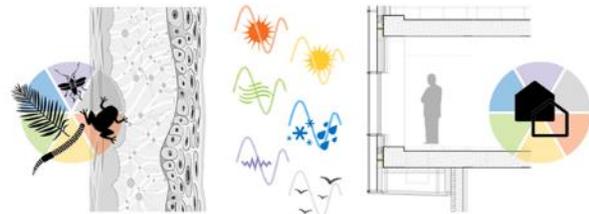
PhD Eduardo Blanco 2019-2022
Ecosystemic services for regenerative urban projects



Recherche Action Transmission : Territory Lab
 La bioinspiration territoriale : S'inspirer du Vivant dans la fabrique de la ville et des territoires



[Graeff & Letard, 2021]



Solution technique

Bâtiment

Quartier

Territoire

Source : www.Ceebios.com

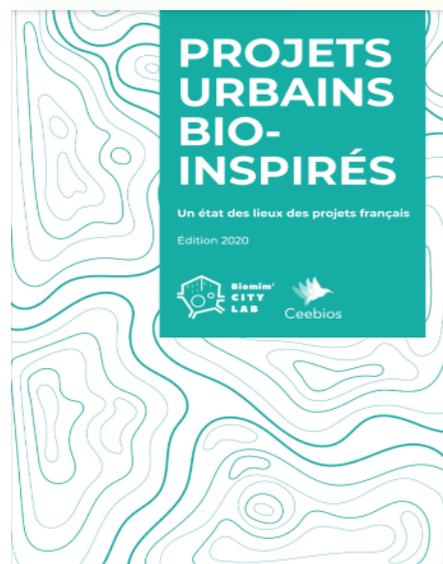
Ouvrages, ressources, formations, GT, Expo...

Pour aller plus loin

07



Pour aller plus loin...



Pour aller plus loin...



Biomim'City Lab, réinventer la ville avec & pour le vivant

Ensemble, vers la ville régénérative

Le Biomim'City Lab est un collectif d'acteurs de la maîtrise d'œuvre et de la maîtrise d'ouvrage pour accélérer le développement de la ville régénérative par l'approche du biomimétisme



Créer des
bénéfices écosystémiques



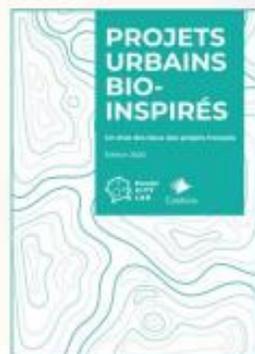
Générer des impacts
politiques, sociaux et culturels



Contribuer à l'attractivité et à
la santé des territoires

Nos actions :

- ✓ Partage de bonnes pratiques
- ✓ Evolution des pratiques
- ✓ Promotion et expérimentation autour du sujet du biomimétisme et du design régénératif.
- ✓ Co-développement de nouveaux outils

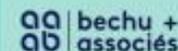


Pilote :



Ceebios

Membres :



ROUGERIE + TANGRAM



Se former pour concevoir un projet urbain bio-inspiré & régénératif

Les objectifs

En 2 jours, cette formation à l'attention des professionnels a pour objectif de fournir les outils et méthodologies en biomimétisme à mobiliser pour la conception d'un projet urbain bio-inspiré et régénératif.

L'enseignement est basé sur l'analyse de cas d'étude concrets, des résultats de recherche appliquée, des analyses bibliographiques de publications scientifiques et retours d'expériences de Ceebios en tant que maîtrise d'œuvre en biomimétisme depuis 2015.

Les modules

- L'approche biomimétique : introduction aux concepts et principes du vivant
- Vers des bâtiments bio-inspirés / L'habitat biomimétique
- Concevoir un bâtiment / quartier régénératif et écosystémique / cas d'études
- Mettre en œuvre le biomimétisme en phase conception : outils, méthodes et acteurs
- Répondre à un appel d'offres en positionnant le biomimétisme au cœur de son offre



“

Les ateliers étaient très bien animés et très instructifs, de même que la partie plus théorique.

— Théo Jarrand
Tangram+Rougerie

“

Pour une première, cette formation est à mon avis un succès, en tout cas elle a pleinement atteint son objectif.

— Ludovic Malbet
Mu Architectures

Partenaire :

Institut
+ Futurs
souhaitables

Les formations
POCHECO



Se former pour concevoir un projet urbain bio-inspiré & régénératif

Les objectifs
En 2 jours, cette
et méthodologie
et régénératif.

PROCHAINE SESSION LES 29 ET 30 JUIN 2023 à PARIS

L'enseignement est basé sur l'analyse de cas d'étude concrets, des résultats de recherche appliquée, des analyses bibliographiques de publications scientifiques et retours d'expériences de Ceebios en tant que maîtrise d'œuvre en biomimétisme depuis 2015.

Les modules

- L'approche biomimétique : introduction aux concepts et principes du vivant
- Vers des bâtiments bio-inspirés / L'habitat biomimétique
- Concevoir un bâtiment / quartier régénératif et écosystémique / cas d'études
- Mettre en œuvre le biomimétisme en phase conception : outils, méthodes et acteurs
- Répondre à un appel d'offres en positionnant le biomimétisme au cœur de son offre



“

Les ateliers étaient très bien animés et très instructifs, de même que la partie plus théorique.

— Théo Jarrand
Tangram+Rougerie

“

Pour une première, cette formation est à mon avis un succès, en tout cas elle a pleinement atteint son objectif.

— Ludovic Malbet
Mu Architectures

Partenaire :

Institut
+ Futurs
souhaitables

Les formations
POCHECO



Merci

Delphine Mathou

Delphine.mathou@ceebios.com
ceebios.com

