

# Le Biomimétisme

## Vers des villes régénératives



ANRT  
26 avril 2023

Delphine Mathou  
[delphine.mathou@ceebios.com](mailto:delphine.mathou@ceebios.com)

Luca Bertacchi  
Agence d'Architecture Anthony Béchu & Associés



Ceebios



*coopérative d'intérêt collectif*

*à but non lucratif*

*société à mission ESUS*



## 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



# La ville régénérative

# 01



# Le métabolisme urbain

**D'ici à 2050, près de 75% de la population mondiale vivra dans une aire urbaine**

3% de la surface de la planète  
(+ 20% / an en 20 ans en Europe)

75% des ressources naturelles

60% de l'énergie \* avec un mix à 85% fossile

70% de l'eau douce

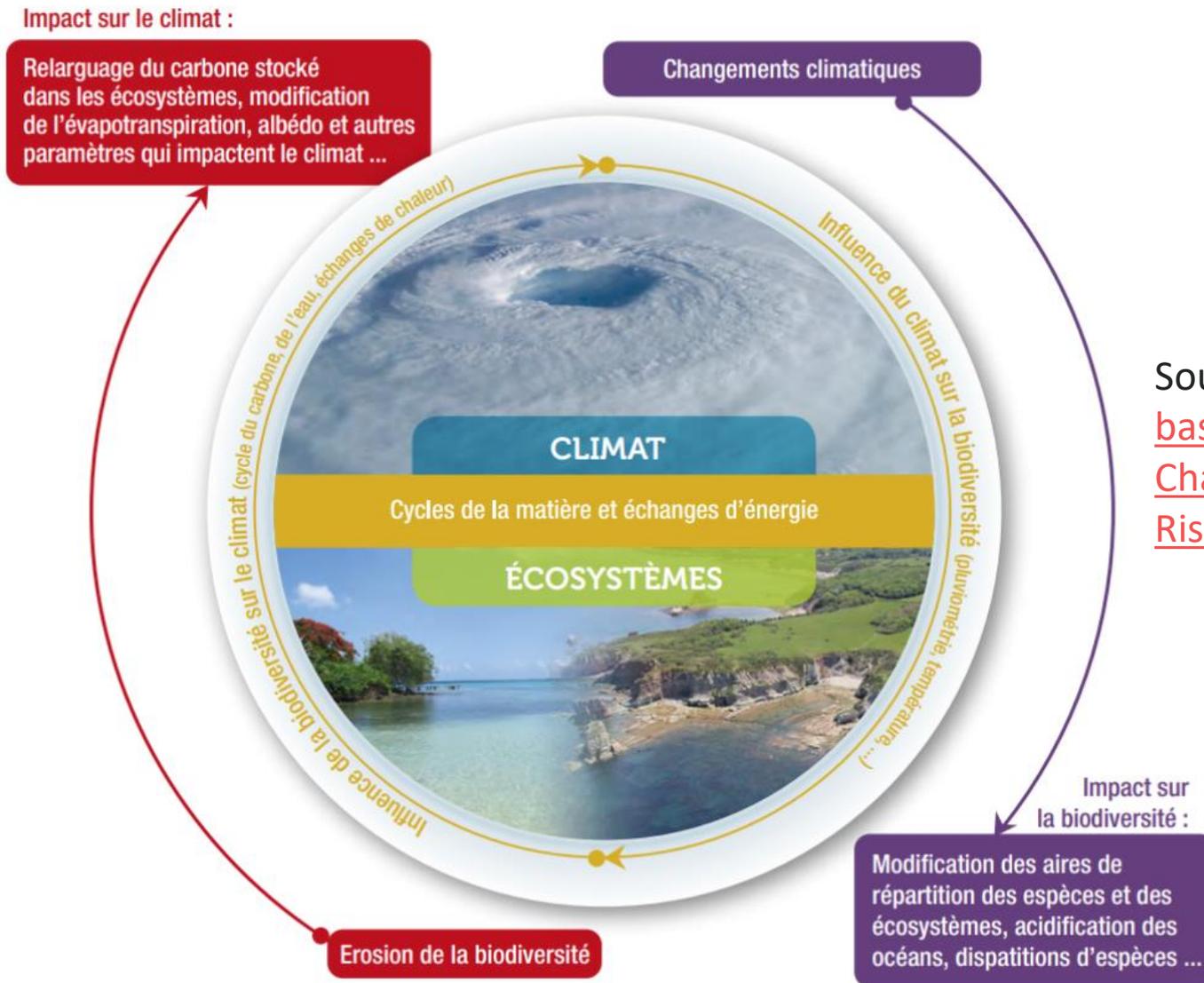


BTP en France = 40% des déchets (principalement démolition)

70% des GES (dont 40% des bâtiments eux-mêmes)

Impact sur la biodiversité (perte et fragmentation des habitats, espèces exotiques, etc.)

# Changement climatique et biodiversité



Source : IUCN, 2019, « [Nature-based Solutions for Climate Change Adaptation & Disaster Risk Reduction](#) »

# Changer de modèle

- Prendre soin de nos milieux de vie et les régénérer
- Adapter nos habitats en nous reconnectant avec le vivant

=> *Passer du Vivant comme ressource, au vivant comme allié*



# Sémantique

## Renaturation



**Processus de rétablissement d'un écosystème naturel** dans une zone qui a été modifiée ou dégradée par l'activité humaine

## Restauration



**Processus de remise en état d'un écosystème dégradé** pour qu'il retrouve un état plus proche de sa condition d'origine. **L'objectif de la restauration est de rétablir la fonctionnalité et la biodiversité de l'écosystème.**

## Régénération



**Processus de renouvellement et de récupération naturelle d'un écosystème dégradé** sans intervention humaine directe

# Les Solutions Fondées sur la Nature

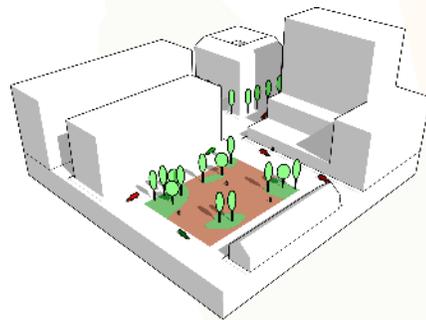
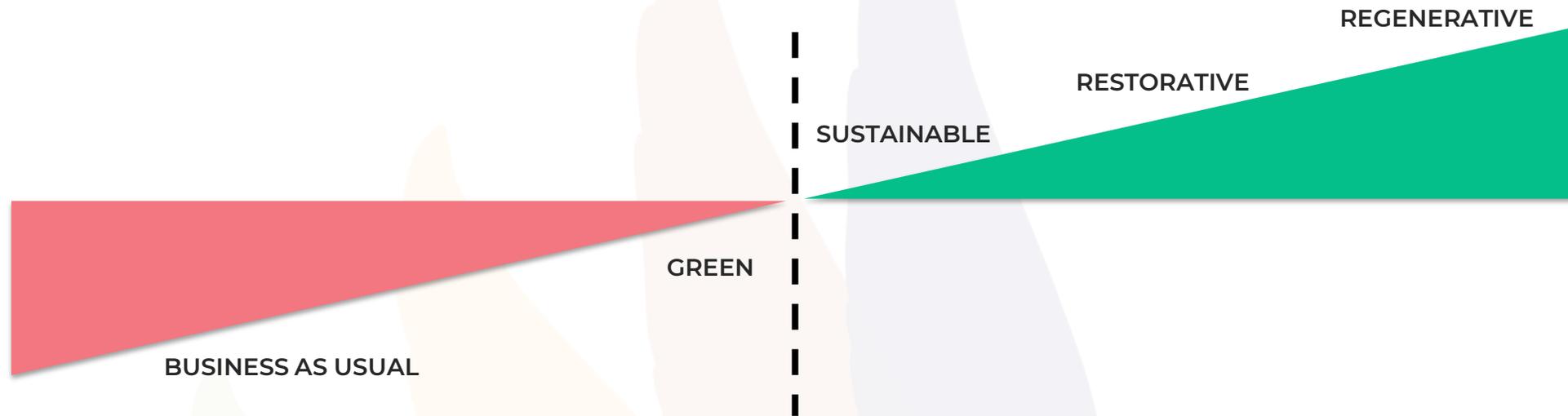


*Définition : les actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés pour relever directement les défis de société de manière efficace et adaptative, tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité*

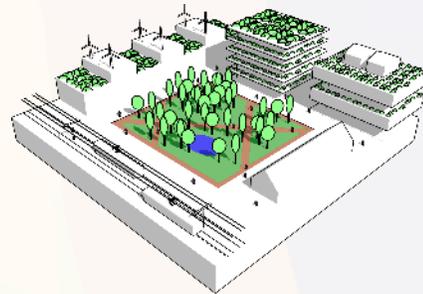
- La préservation d'écosystèmes fonctionnels et en bon état écologique ;
- L'amélioration de la gestion d'écosystèmes pour une utilisation durable par les activités humaines ;
- La restauration d'écosystèmes dégradés ou la création d'écosystèmes.

# La ville régénérative

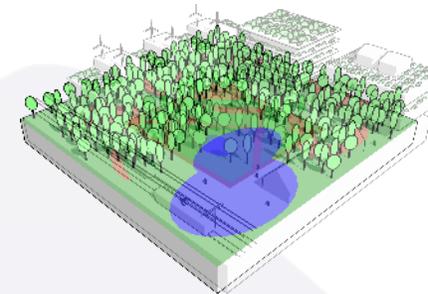
## Passer du dégénératif au régénératif



- 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

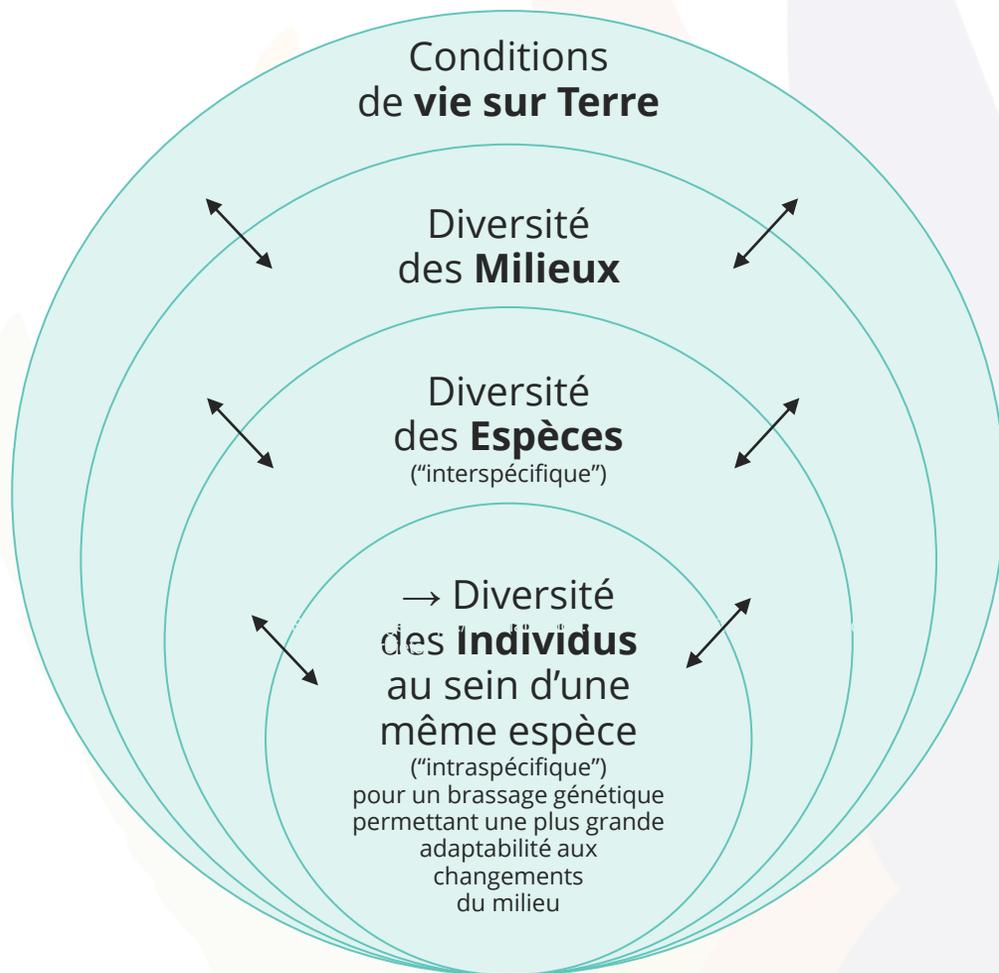


- Circularité des matières
- Symbiose
- Utilisation de ressources abondantes
- Réactions chimiques à pression et température ambiantes
- Régénération des services écosystémiques et de la biodiversité

Images : ©In Situ Architecture

# La ville régénérative

## Principe #1 régénérer la biodiversité, socle de toute vie sur Terre



Ces trois biodiversités sont intimement liées, telles un tissu. Ainsi, toutes les espèces, dont l'espèce humaine, sont en interaction étroite au sein d'écosystèmes, de chaînes trophiques, de coopérations et symbioses,... la disparition d'une seule espèce correspond à retirer un fil d'un tissu, ... au bout de quelques espèces, c'est rapidement l'ensemble du tissu qui est fragilisé, et à partir d'un certain seuil... tout s'écroule.

"l'Humanité n'a pas tissé le tissu du vivant. Nous ne sommes qu'un fil de ce tissu. Tout ce que nous faisons à ce tissu, nous le faisons à nous-même. Tout est relié, tout est connecté."

Chef indien Seattle, 1854

# La ville régénérative

## Principe #2 régénérer les services écosystémiques

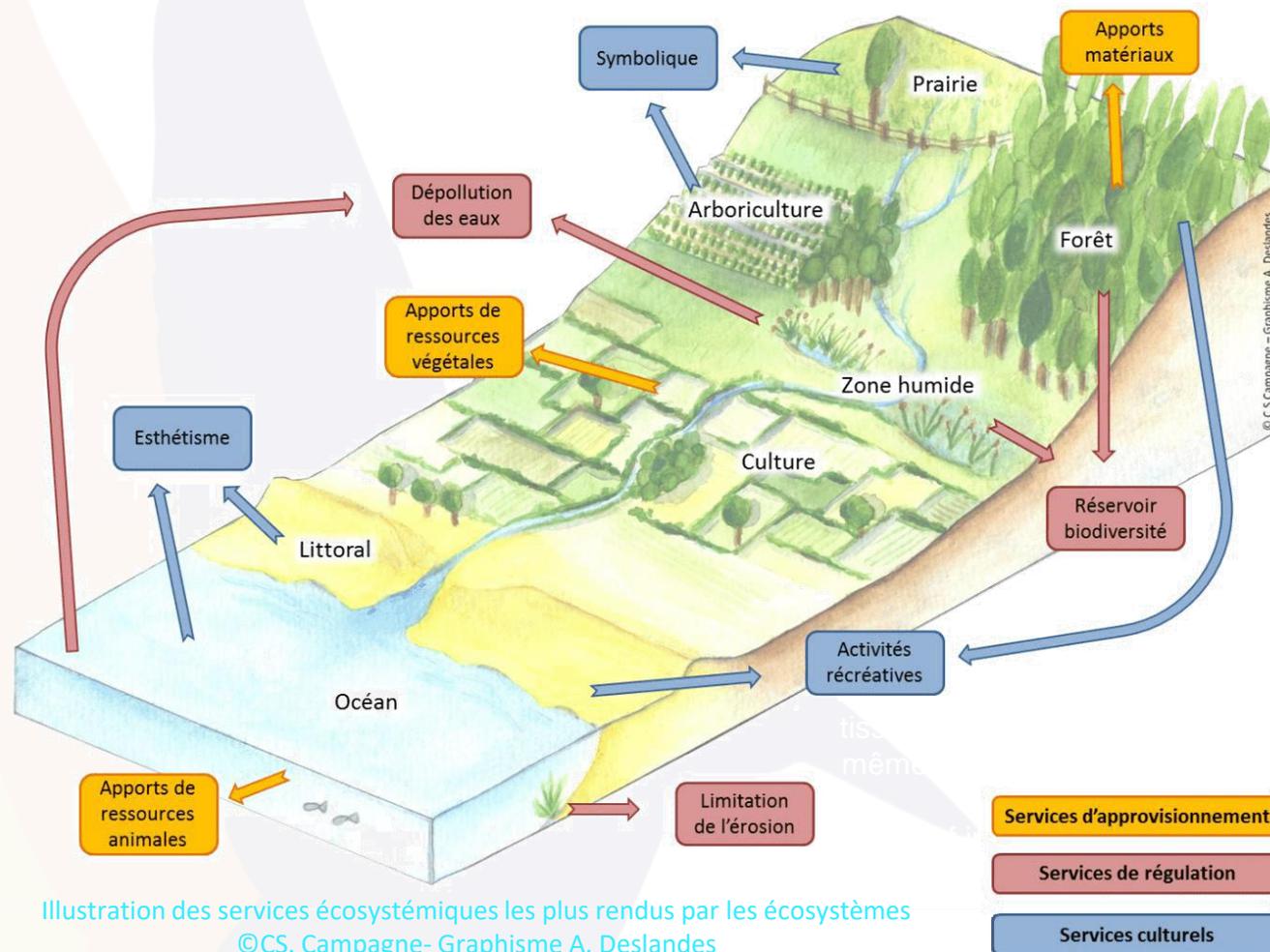


Illustration des services écosystémiques les plus rendus par les écosystèmes

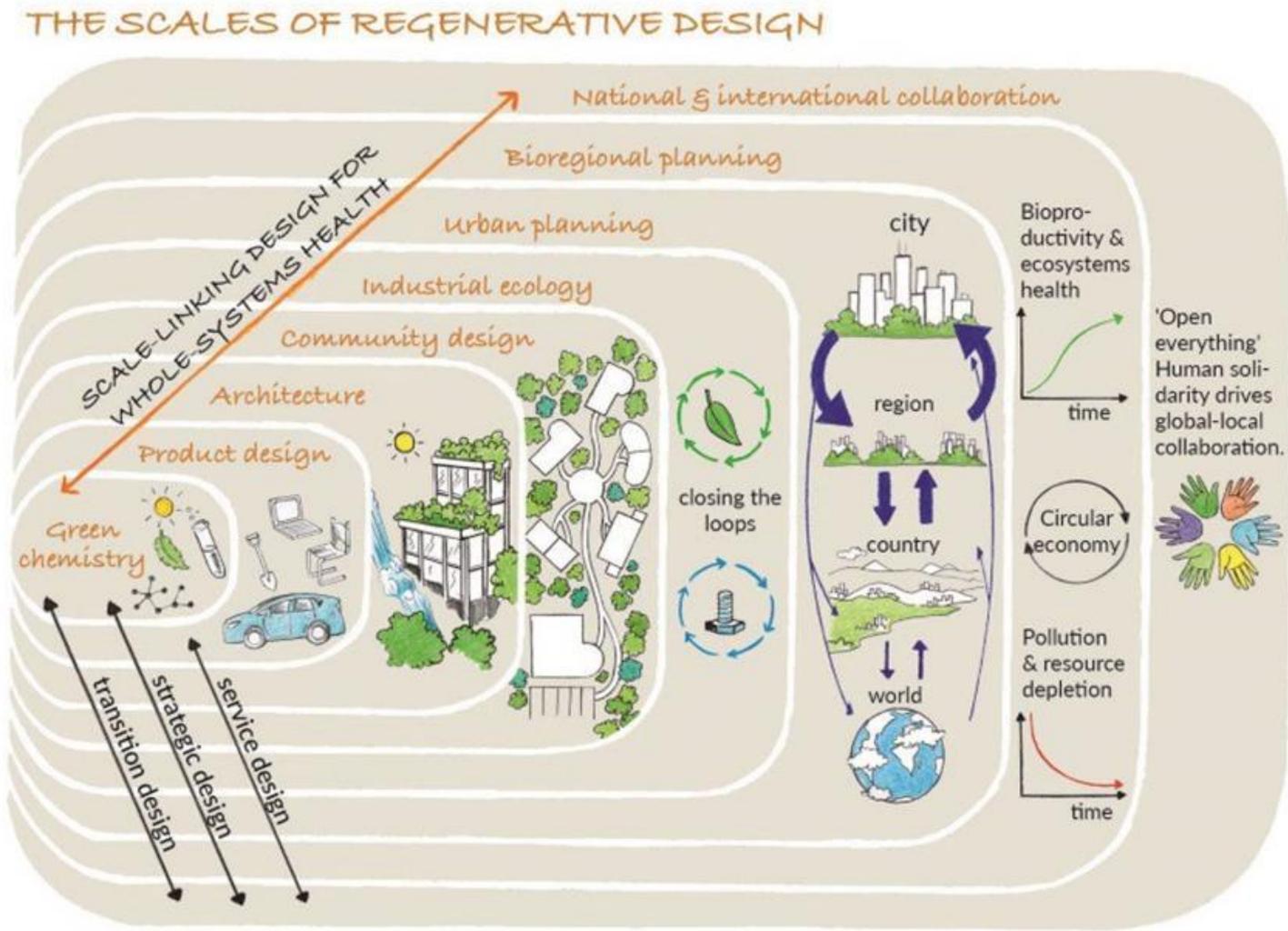
©CS. Campagne- Graphisme A. Deslandes

# La ville régénérative

## Principe #3 penser socio-écosystème complet à toutes les échelles

La notion même de vie n'est pas la somme des vies de tous les individus de toutes les espèces, mais plutôt l'ensemble des interconnexions et relations entre tous les organismes à toutes les échelles, depuis les organismes unicellulaires jusqu'à la biosphère. Il s'agit en conséquence de **créer des systèmes humains qui doivent co-évoluer avec les systèmes naturels, car ils en sont partie intégrale.**

→ Voir « Théorie Gaïa » James Lovelock / Lynn Margulis



From Designing Regenerative Cultures, by Daniel Christian Wahl, 2016

# La ville régénérative

## Principe 4 : Co-évoluer positivement avec le vivant





02

**Biomimétisme au  
service de la ville  
régénérative**



# 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]



# 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 CO<sub>2</sub>



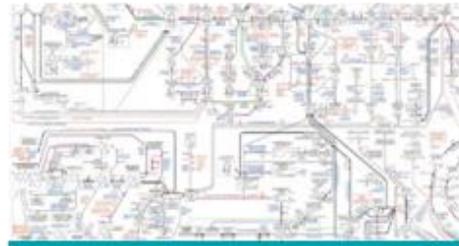
## MATÉRIAUX

Hierarchisés, 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



# « Habitat » d'espèce ?

## Ouvrir le périmètre et recontextualiser la notion d'habitat

### 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.

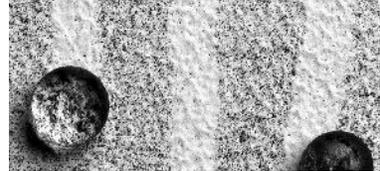


# Biomimétisme au service de la ville régénérative

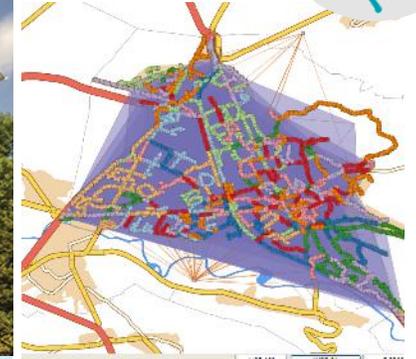
## Diversité des challenges



TEMPERATURE



MATERIAUX



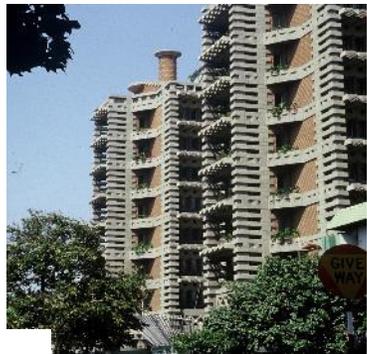
STRUCTURE



TECHNIQUE DE CONSTRUCTION



FLUX

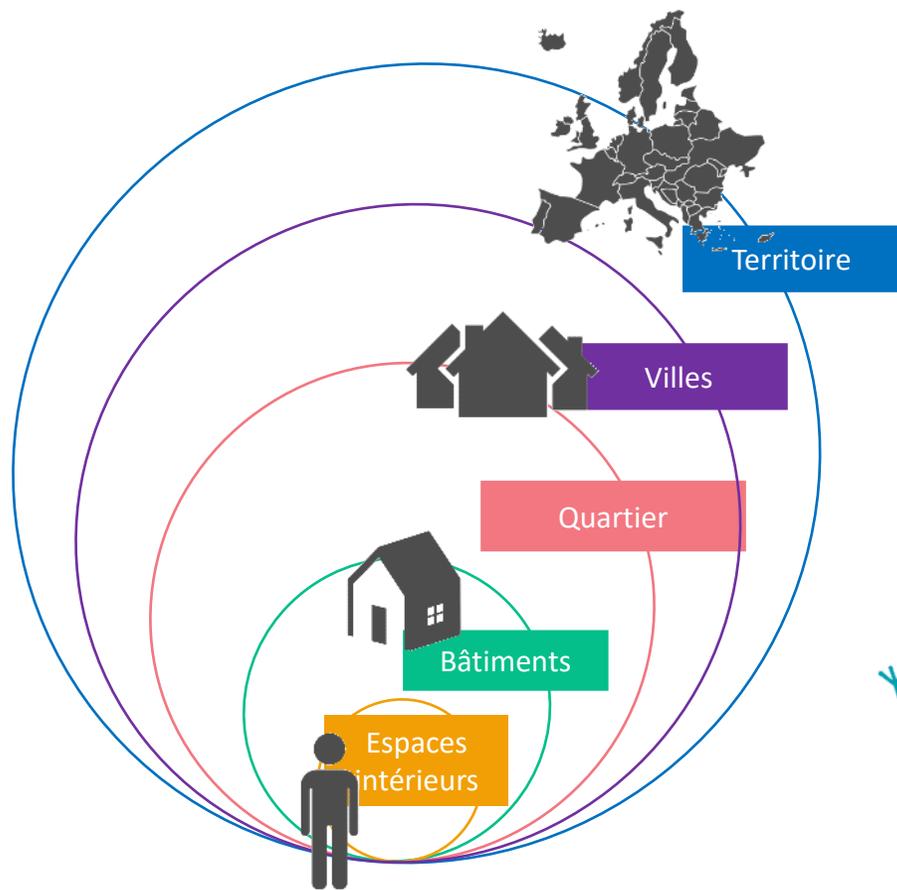


IMPACT REGENERATIF

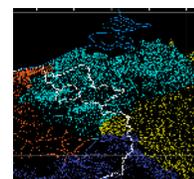


# Biomimétisme au service de la ville régénérative

## 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 ...



# 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*



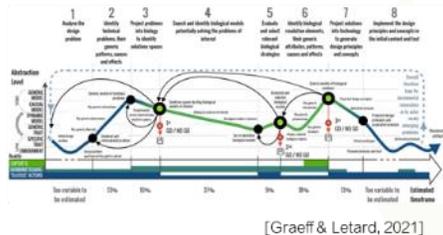
PhD Estelle Cruz 2017-2021  
*Bio-inspired building envelopes for multi-functional facades*



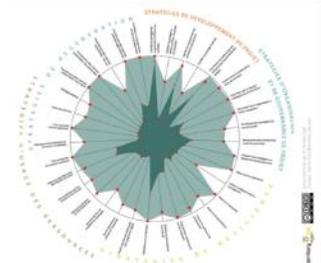
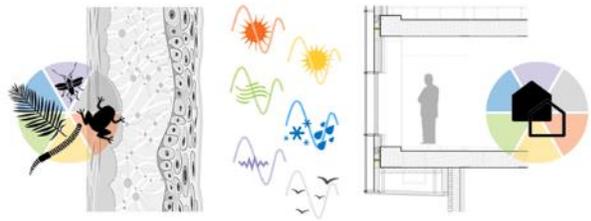
PhD Eduardo Blanco 2019-2022  
*Ecosystemic services for regenerative urban projects*



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

# 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
		13. Minimiser les intrants (0 phyto)	13. Zone de production alimentaire
	Pesticides/engrais	14. Gérer durablement les déchets	14. Engrais et pesticides
			15. Gestion locale des déchets organiques
			16. Taux de mise en décharge
	Déchets	17. Taux de recyclage	
Structure abiotique		Structure physique	18. Protection des zones sensibles
	19. Restauration écologique		
	20. Réduire l'emprise au sol	20. Changements topographiques	
		21. Restauration des sols	
Structure biotique	Habitat	22. Compensation de l'artificialisation	
		23. Zone du projet construite sur des zones urbanisées	
Réseau écologique	24. Créer de l'habitat naturel	24. Espaces verts urbains	
	25. Améliorer la connectivité du réseau écologique	25. Facteur de surface des biotopes	
		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

# Pour aller plus loin...

SECTEUR  
FORMATION



## 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 :



# Pour aller plus loin...

FILIERE BATIMENT



## 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



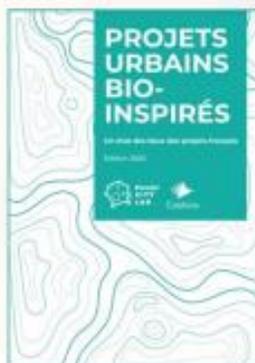
Générer des impacts  
politiques, sociaux et culturels



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





# Merci

Delphine Mathou

Delphine.mathou@ceebios.com  
ceebios.com





aa | bechu +  
ab | associés

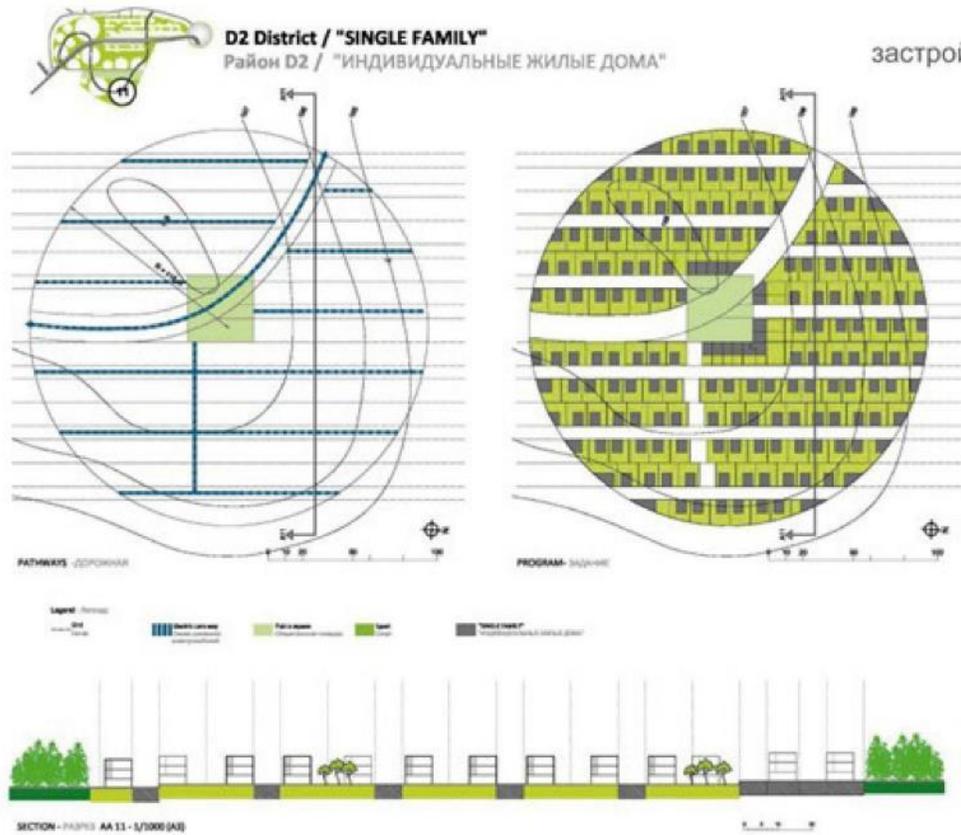
**SO WHAT'S THE NEW APPROACH OF OUR GENERATION?**

*« WE KNOW SUSTAINABLE ARCHITECTURE BUT THAT'S NOT ENOUGH. »*

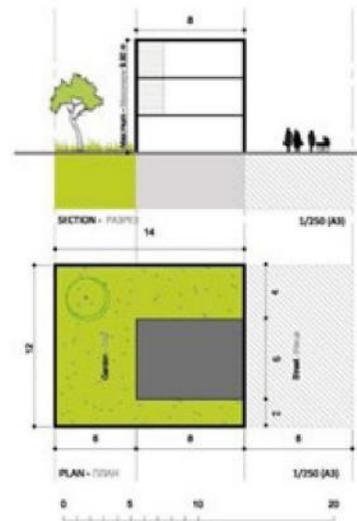


SKOLKOVO INNOVATION CENTER . RUSSIA

# SKOLKOVO INNOVATION CENTER . RUSSIA



**ПРИМЕР**  
 застройки жилого района коттеджей



**ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ**

Улицы и проезды должны быть выстроены непрерывно. Проектирование парковок и дворовых территорий должно быть выполнено с учетом возможности их использования для размещения и обслуживания объектов.

Возле многоквартирных домов должен быть выстроен дворик и выстроены парковочные места для обслуживания объектов.

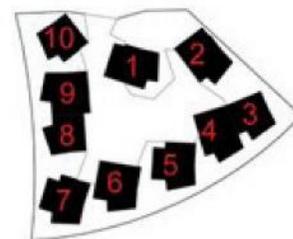
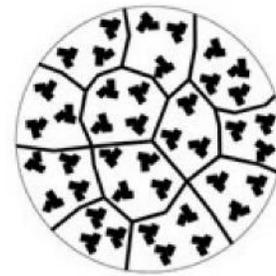
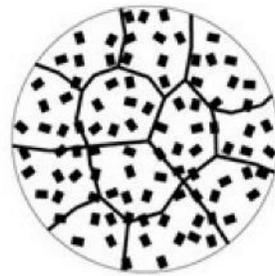
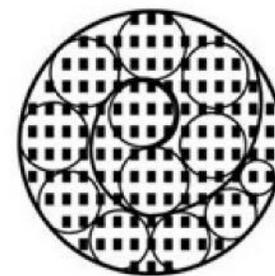
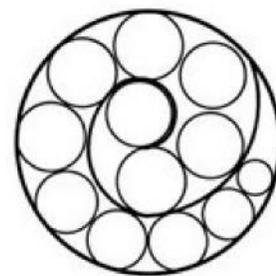
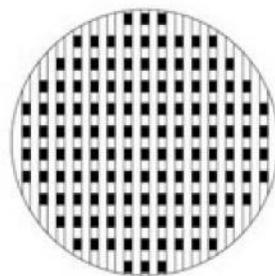
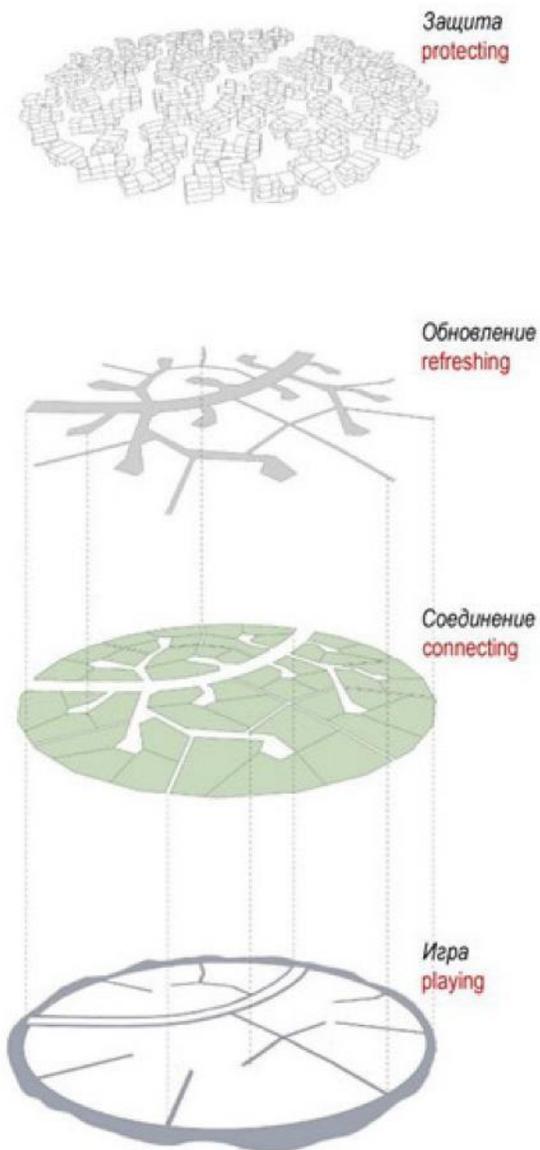
**ПАРКОВКИ И ПРОЕЗДЫ**

The block edges of the units should be designed as narrow lanes for both pedestrian and cars.

Only electric cars will be allowed to enter the district and park on their own plot. No allowed for them one single parking space per unit of housing.



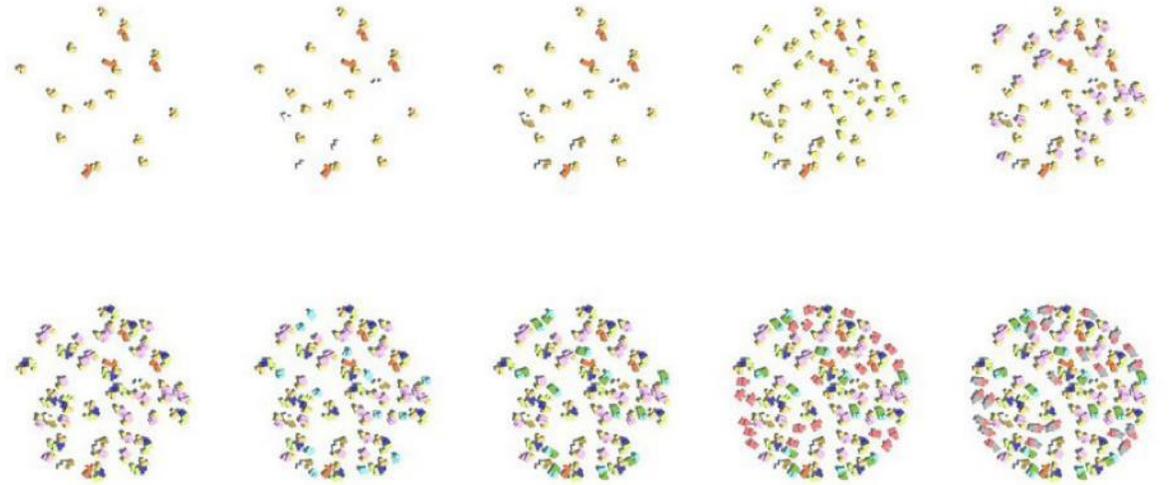
# SKOLKOVO INNOVATION CENTER . RUSSIA



- 100 units
- 10 clusters
- 10 typologies of houses
- 10 different typologies in each cluster
- 100 жилых единиц
- 10 кластеров
- 10 типов домов
- 10 разных типов домов в каждом кластере

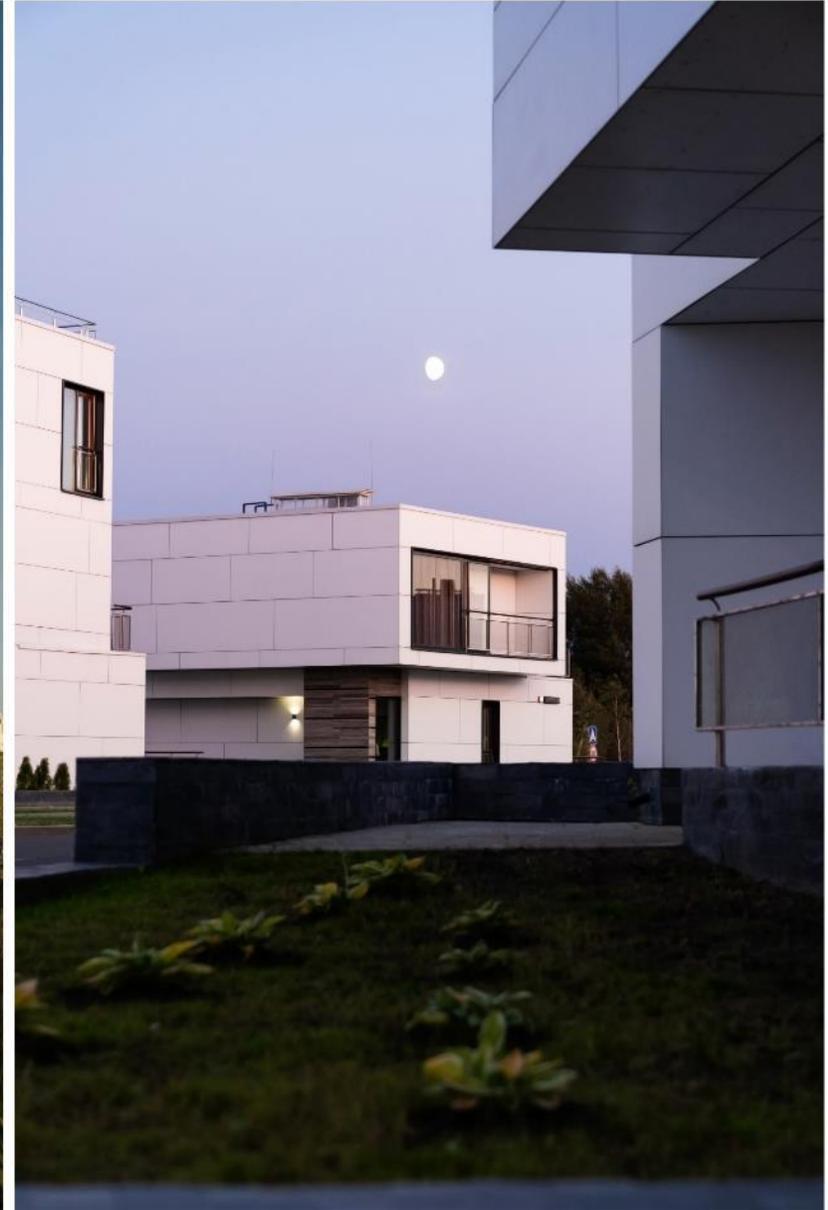


# SKOLKOVO INNOVATION CENTER . *RUSSIA*





# SKOLKOVO INNOVATION CENTER . *RUSSIA*







An architectural rendering of the Biomimicry Research Center in Biarritz. The building is a large, circular structure with a prominent green roof. The roof is divided into several levels, with the top level being a flat surface with some vegetation. Below it, there are several tiers of greenery, including trees and shrubs. The building's exterior is made of a light-colored material, possibly wood or metal, with a curved facade. A central courtyard is visible, featuring a circular water feature and a paved area. The building is surrounded by lush greenery, including trees and a small stream. In the background, there are modern buildings and a parking lot with several cars. The overall scene is bright and sunny, suggesting a pleasant climate.

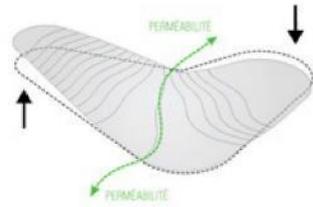
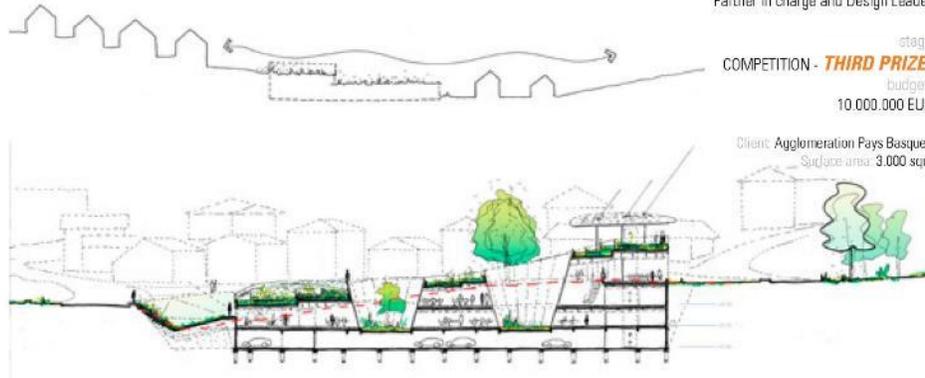
BIOMIMICRY RESEARCH CENTER, BIARRITZ

# BIOMIMICRY RESEARCH CENTER . BIARRITZ

role:  
Partner in charge and Design Leader

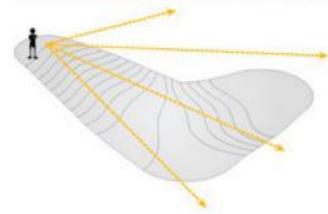
stage  
COMPETITION - **THIRD PRIZE!**  
budget:  
10.000.000 EUR

Client: Agglomération Pays Basques  
Surface area: 3.000 sqm



DÉFORMATION

Le volume se soulève d'un côté et s'oblitère de l'autre ...  
... La forme obtenue permet à la fois la protection des vis-à-vis et la création de vues.

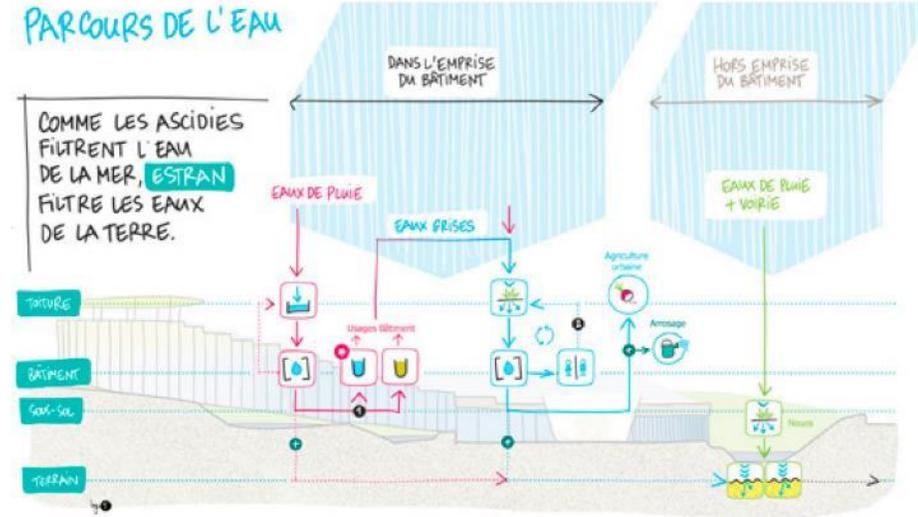


VUES



## PARCOURS DE L'EAU

COMME LES ASCIDIES  
FILTRENT L'EAU  
DE LA MER, **ESTRAN**  
FILTRE LES EAUX  
DE LA TERRE.

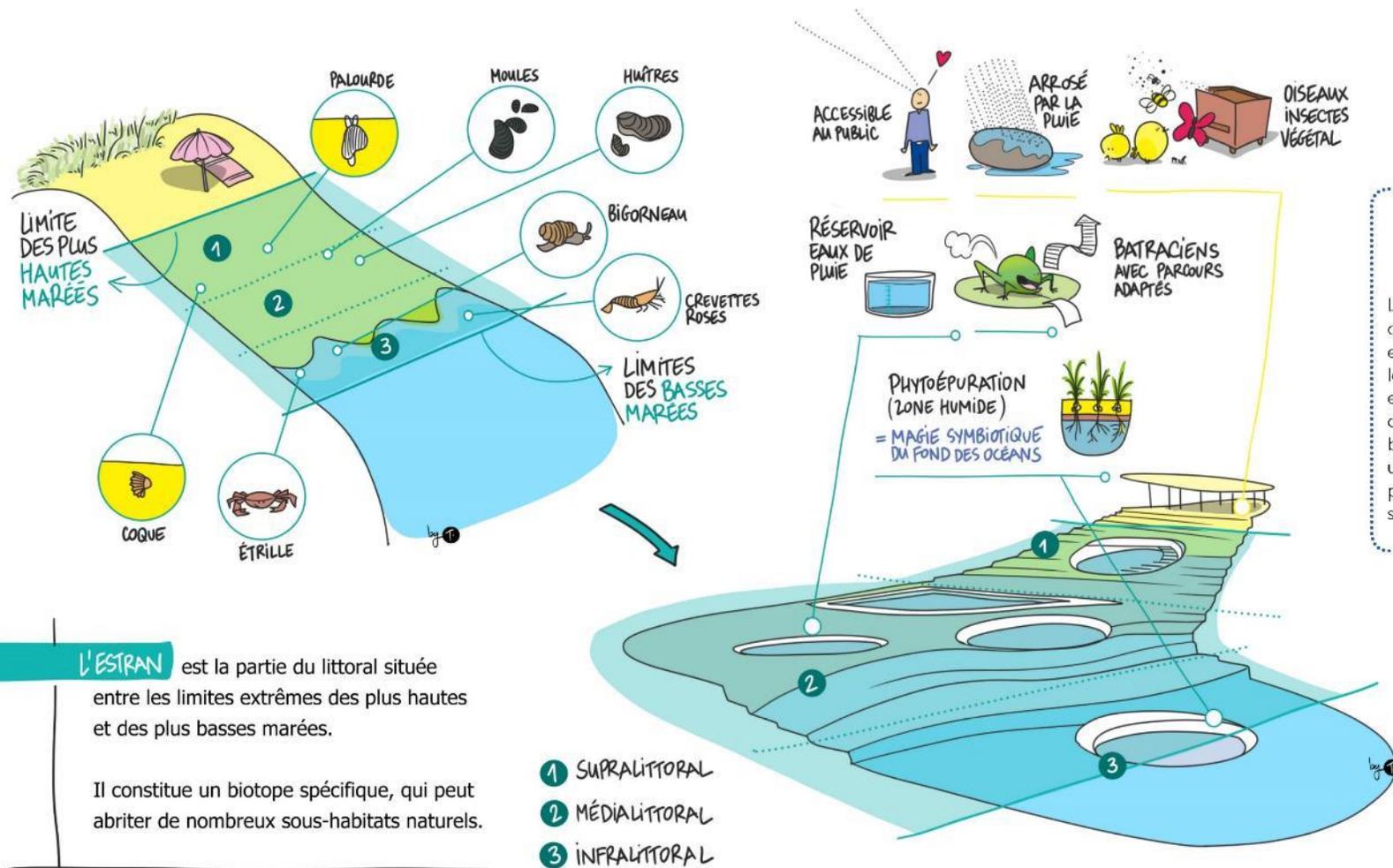


- Traitement (phytoépuration)
- Stockage
- Utilisation WC
- Trop plein
- Solutions envisageables
- 1 potabilisation
- 2 traitement par phytoséparation
- Récupération
- Infiltration
- Eau potable
- Eau non potable
- Connexion au Réseau de la Ville



# BIOMIMICRY RESEARCH CENTER . BIARRITZ

Qu'est-ce que **L'ESTRAN**?  $\equiv$  UN PAYSAGE ACTIF  $\rightarrow$  UN TOIT **LIQUIDE** Tant dans ses usages que dans ses fonctions



# BIOMIMICRY RESEARCH CENTER . BIARRITZ

## L'ESTRAN POUR COMPOSER UN « PAYSAGE ACTIF »

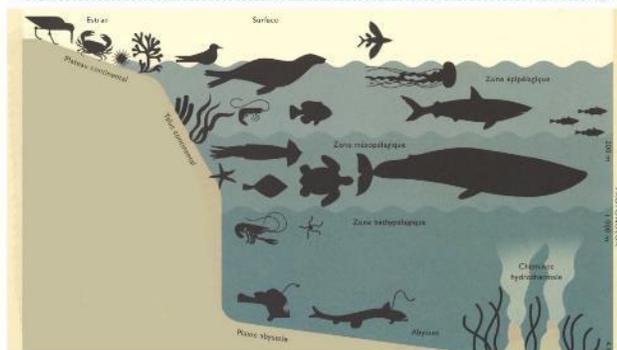
Pour que l'architecture du projet « s'efface » devant l'environnement et son écosystème, de façon à ce que le projet se mette résolument au service de la nature, nous avons observé le monde marin à différents niveaux, du plus haut, l'estran sur le plateau continental, au plus profond dans la plaine abyssale.

## AUX EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

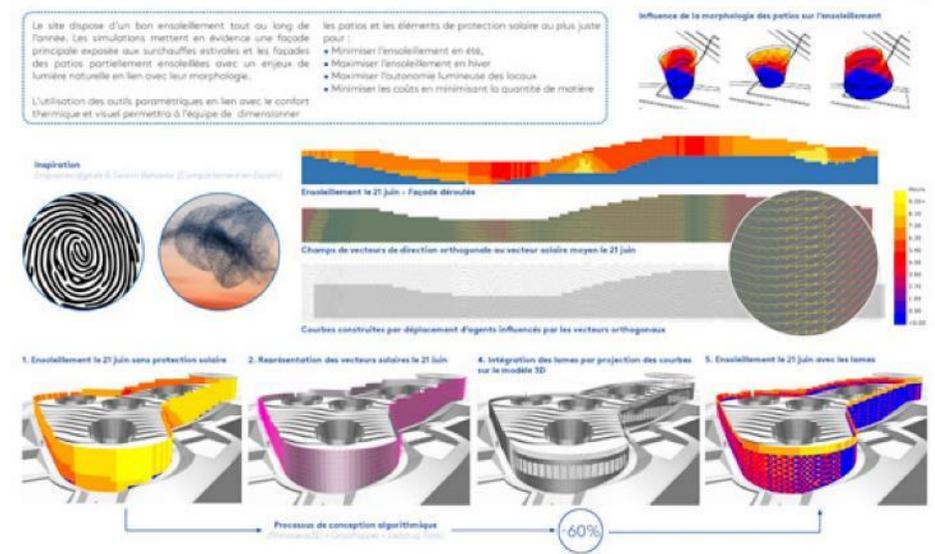
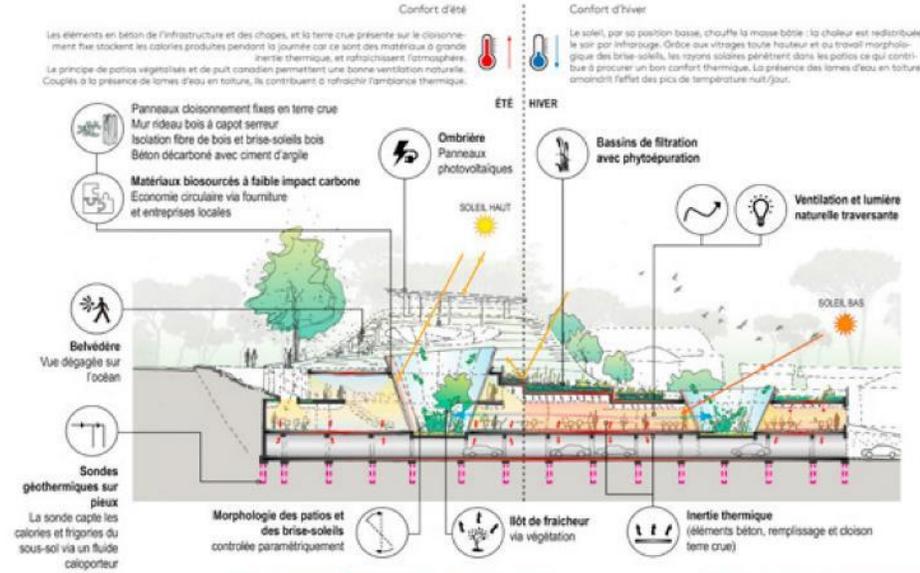
À des milliers de mètres sous la surface de l'eau, dans les eaux noires et glaciales de l'océan, vivent donc des êtres aux allures très étranges.

**Ils ont su s'adapter à une vie sans lumière ni chaleur, et à une pression telle qu'elle écraserait n'importe quelle autre forme de vie.** Bien qu'elles semblent peu hospitalières, ces abysses sont en réalité l'un des environnements les plus stables de la Terre. Leurs habitants ont évolué de façon à s'adapter à l'obscurité, au froid extrême et à l'intense pression du poids de l'eau. Les cheminées hydrothermales abritent leurs propres écosystèmes, où des formes de vie inconnues par ailleurs exploitent l'énergie dégagée par l'activité volcanique du centre de la Terre.

**Leur capacité d'adaptation face à un milieu changeant et incertain nous ont inspiré quant aux stratégies que l'on peut imaginer mettre en place pour accompagner avec résilience les effets extrêmes liés au changement climatique comme les canicules, la pollution, ou les inondations.**



# BIOMIMICRY RESEARCH CENTER . BIARRITZ





MIMESIS . NICE

# MIMESIS . NICE

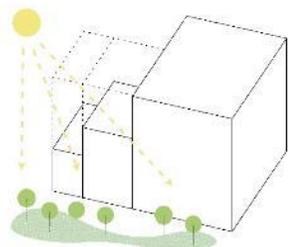
**MIMESIS** est emblématique d'une nouvelle façon de penser la ville, la penser au sein de la nature. Sa conception issue du **biomimétisme** nous invite à voir la nature comme une source d'innovations prometteuses.

Le **Ferocactus**, présent dans le Sud de la France, s'est imposé comme **source d'inspiration**, car il est à la fois capable de générer un **microclimat rafraîchi** au creux de ses replis, tout en projetant une espèce en voie d'épanouissement et d'**adaptation local**. Son crénelage génère de l'ombre dans ses replis.

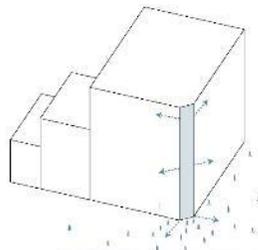


FEROCACTUS

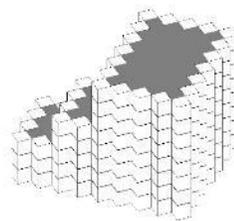
## 1 LIBÉRER LA FAILLE



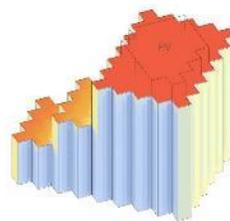
## 2 MARQUER L'ANGLE



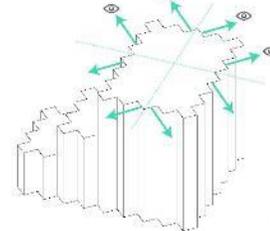
## 3 MODULARITÉ



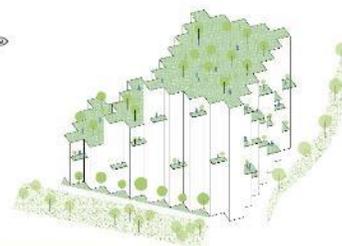
## 4 PROFITER DE L'ORIENTATION



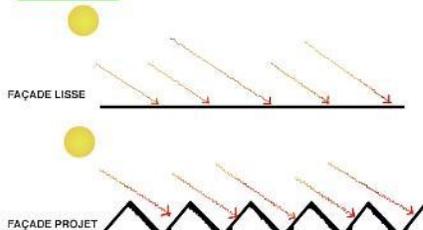
## 5 MULTIPLIER LES VUES



## 6 ESPACES EXTÉRIEURS



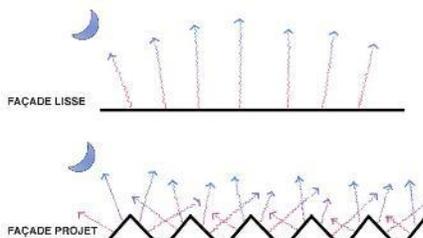
### DE JOUR



### LE CRÉNELAGE LIMITE LES APPORTS SOLAIRES

Ce découpage crénelé permet en journée de créer des ombres portées qui limitent intrinsèquement les apports solaires sur les parties vitrées, en particulier dans le creux des façades. Les apports thermiques sont donc plus limités par ce concept que pour une façade lisse similaire.

### DE NUIT



### LE CRÉNELAGE AUGMENTE LES ÉCHANGES THERMIQUES

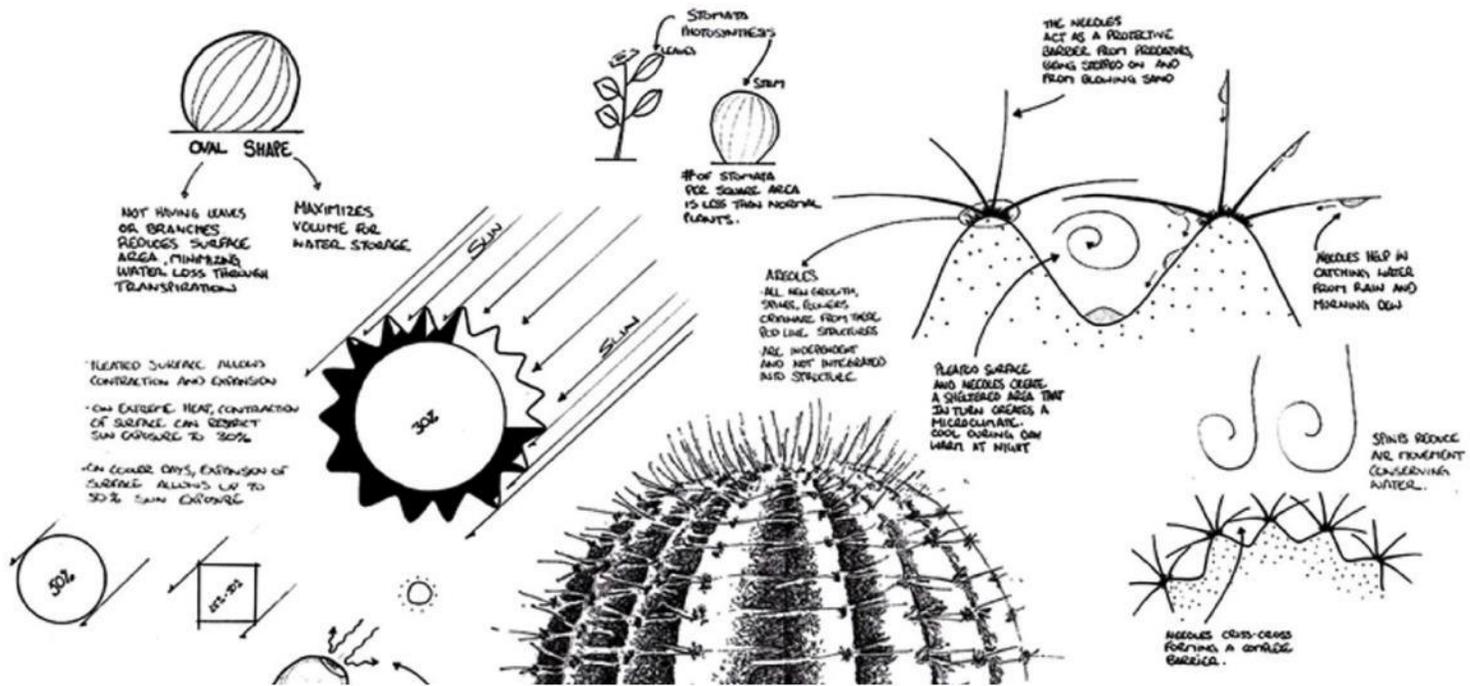
La nuit, le linéaire plus important des façades permet d'augmenter les échanges thermiques avec l'air extérieur plus frais, et de décharger plus facilement le bâtiment comparativement à une façade lisse.



PLAN DE MASSE ÉCHELLE 1:200\*\*

# MIMESIS . NICE

## UN BÂTIMENT QUI S'INSPIRE DE L'AGILITÉ ET LA RÉSILIENCE DE LA NATURE



### CROQUIS EXPLIQUANT LA STRATÉGIE BIOLOGIQUE DU CACTUS

SOURCE : RUI FÉLIX ARBORISTE ET ARCHITECTE PAYSAGISTE

Notre démarche n'est pas qu'esthétique, puisqu'elle est résolument née de la de la **démarche biomimétique cadrée par les scientifiques et ingénieurs qui nous accompagnent**, avec la volonté également de créer **un signal fort**, en proue, qui soit une icône préfiguratrice de la ville biomimétique vers laquelle il faut aller, c'est-à-dire une ville écosystémique capable **d'atténuation du changement climatique**, et dotée de stratégies d'adaptation à ses nombreux effets. Par l'augmentation de son linéaire de façade et le **jeu de plis « cactés »**, la ventilation naturelle et la régulation thermique de Mimésis s'améliorent, l'ancrant ainsi également dans une **stratégie d'adaptation**.

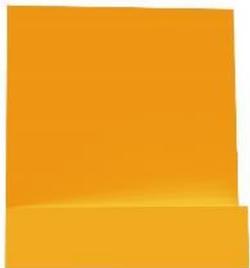


# MIMESIS . NICE



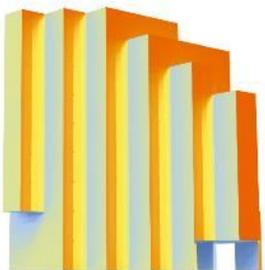
# MIMESIS . NICE

## UNE FAÇADE PROTECTRICE, BIOCLIMATIQUE ET MAÎTRISÉE



1 FAÇADE LISSE

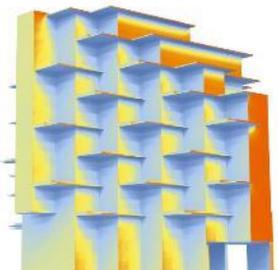
La forme du bâtiment étant contrainte par les surfaces à construire, la conception de la façade est devenue un point crucial dans la stratégie bioclimatique adoptée. Le point de départ le plus simple est de présenter une façade lisse en limite de parcelle, sans protection solaire. Les apports solaires ne sont donc pas maîtrisés avec cette conception qui pénalise fortement le bilan énergétique du projet.



2 FAÇADE PLISSÉE

**-30%** DES APPORTS SOLAIRES

L'optimisation de la façade a été réalisée par étapes. La première a été de créer des facettes orientées SO/NO et non plus plein ouest. Ce crénelage limite les apports directs sur la façade et crée un jeu de masques de la façade sur elle-même qui permet de réduire de 30% les apports constatés entre juin et septembre.



3 FAÇADE PLISSÉE AVEC DES MASQUES HORIZONTAUX

**-70%** DES APPORTS SOLAIRES

Nous avons optimisé davantage ce concept de crénelage en le complétant avec des masques horizontaux, constitués par des balcons et des brise-soleils. Ce concept permet de réduire encore plus efficacement le rayonnement direct reçu sur la période estivale. Par rapport à notre référence initiale (façade lisse orientée Ouest) cette solution permet de réduire de 70% les apports solaires en été. Ce principe de protection est aussi utilisé sur les façades sud et est, les brise-soleils permettent d'y réduire de 30% les apports en période estivale.



PERSPECTIVE DES ESPACES EXTÉRIEURS



**Merci**