



Gestion de l'eau dans les bâtiments : une approche plus durable par le biomimétisme



Biome+
19/03/2024

Thibaut Houette

thibaut.houette@ceebios.com



Ceebios

Sommaire

01

Contexte

02

Biomimétisme

03

Recherche

04

Pour aller plus loin

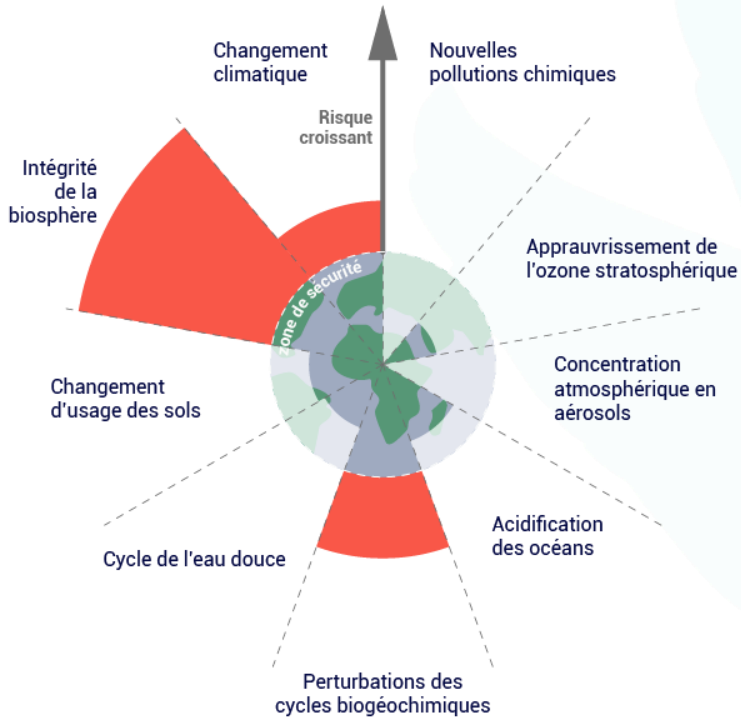


01

Contexte

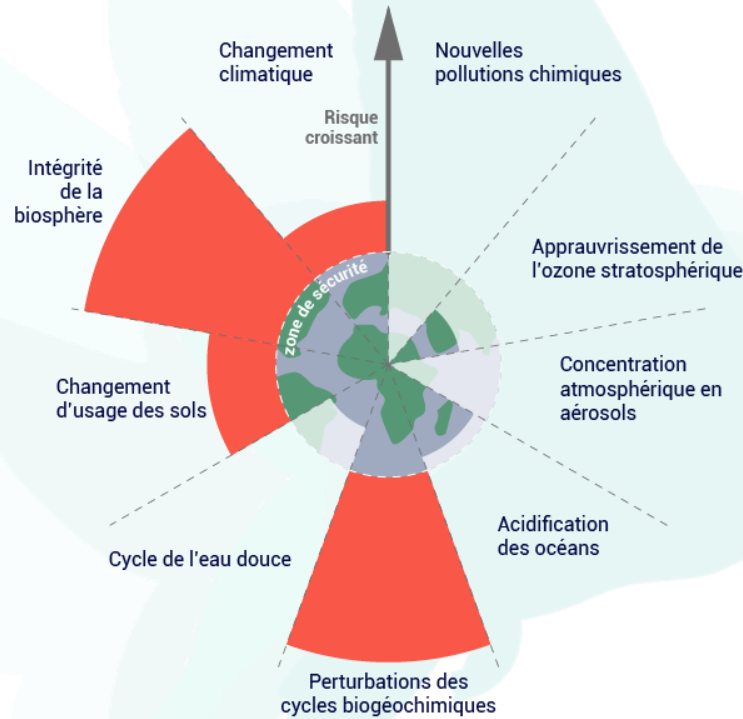


Nous devons nous inscrire dans les limites planétaires



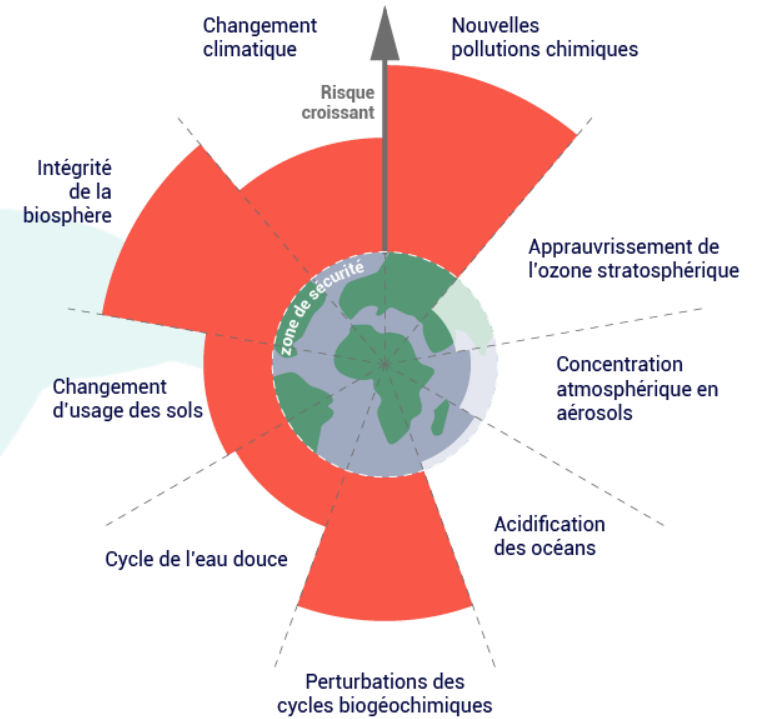
2009

3 limites dépassées



2015

4 limites dépassées



2023

6 limites dépassées



Quelques chiffres clés

1 % = **augmentation mondiale de la demande en eau par an** (croissance démographique, développement économique, évolution des modes de consommations, ...)

ONU, 2018

France: **149 L** = consommation moyenne d'eau potable d'un Français par jour

Européen: 100 à 200 L

USA: 300 à 400 L

Afrique subsaharienne: 10 à 20 L

INRAE, 2023

2018 : **3.6 milliards** de personnes dans le monde = vivent dans des zones potentielles de **pénurie d'eau au moins 1 mois / an**

2050 : environ **4.8 à 5.7 milliards**

ONU, 2018

France: Eau du robinet = **nappes souterraines** (66%) + **eaux de surface** (34%)

Mars 2023 : 75 % des niveaux des nappes **sous les normales mensuelles**

INRAE, 2023

Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, 2023

Dégradation des écosystèmes = 1ère cause des enjeux de l'eau, **végétation** = recycleuse d'eau

40% des précipitations terrestres = de l'évaporation des plantes et du sol

Depuis 1900, **64 à 71 % des terres humides naturelles perdues** à cause de l'activité humaine

ONU, 2018

900 000 km = Longueur cumulée du **réseau d'eau potable** (22x circonférence de la Terre)

Fuites dans les réseaux de distribution = **Perte de 20%** de l'eau douce prélevée

INRAE, 2023



Enjeux principaux de demain



La qualité physico-chimique de l'eau

« ...l'enjeu pour les années à venir consiste à préserver la quantité et la qualité de l'eau pour assurer une quantité d'eau douce disponible pour la population. »

Rapport des enjeux du CIEAU



Répartition de la ressource en eau

« ...il est estimé que 10 % de l'espace terrestre mondial expérimentera simultanément des débits extrêmement hauts et extrêmement bas d'ici à 2100. »

Rapport du GIEC



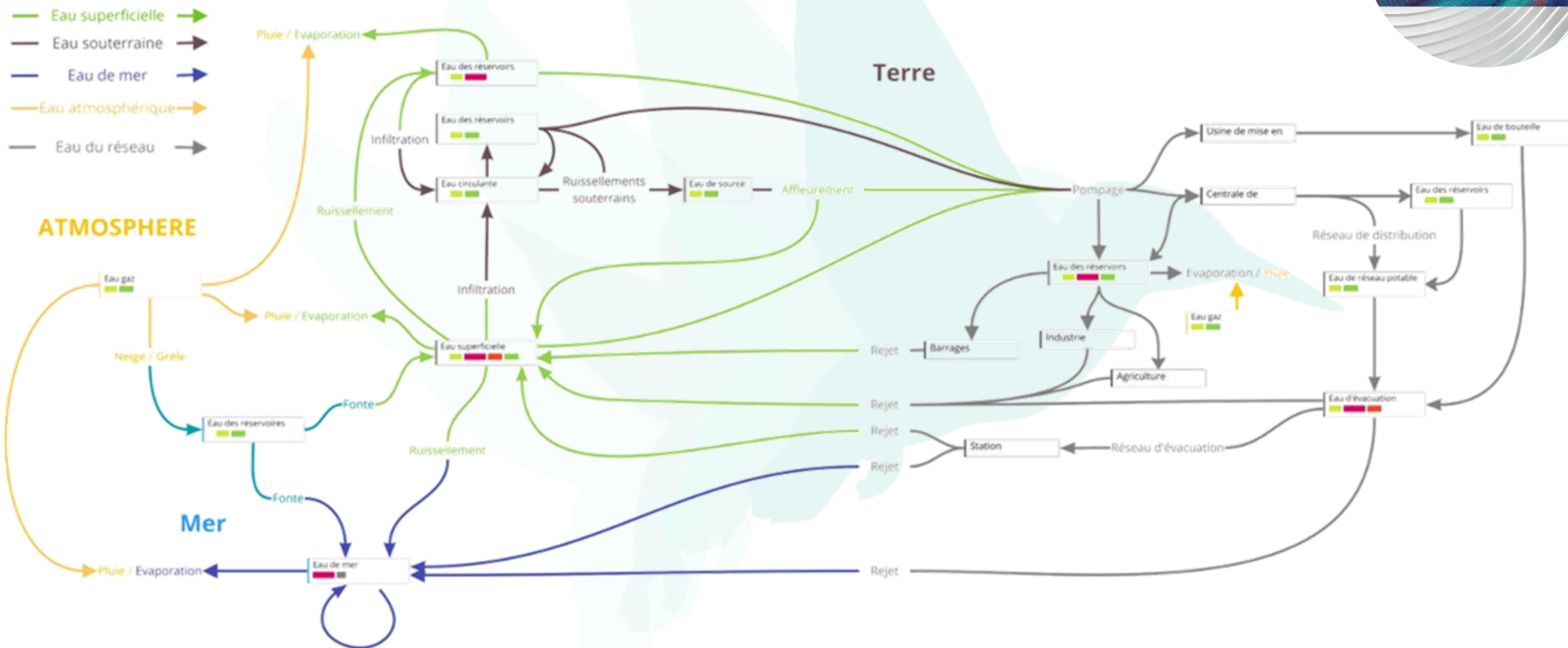
L'utilisation de l'eau

« Ces usages peuvent entraîner [...] artificialisation, prélèvements excessifs d'eau, rejets polluants, atteintes à la biodiversité, etc. [...] limiter les pressions qui s'exercent sur l'eau est indispensable »

Rapport gestion durable de Eau France



Le cycle de l'eau actuel



La gestion “durable” de l’eau actuelle

Systèmes de labellisation



Haute Qualité Environnementale, 1990's
Leadership in Energy and Environmental Design, 1994
Habitat & Environnement, 2003
Living Building Challenge, 2006



Critères actuels
de durabilité

Projets “durables” existants



*Council House 2
Melbourne
2006* *Bullitt Center
Seattle
2013* *Edith Green Building
Portland
2013*



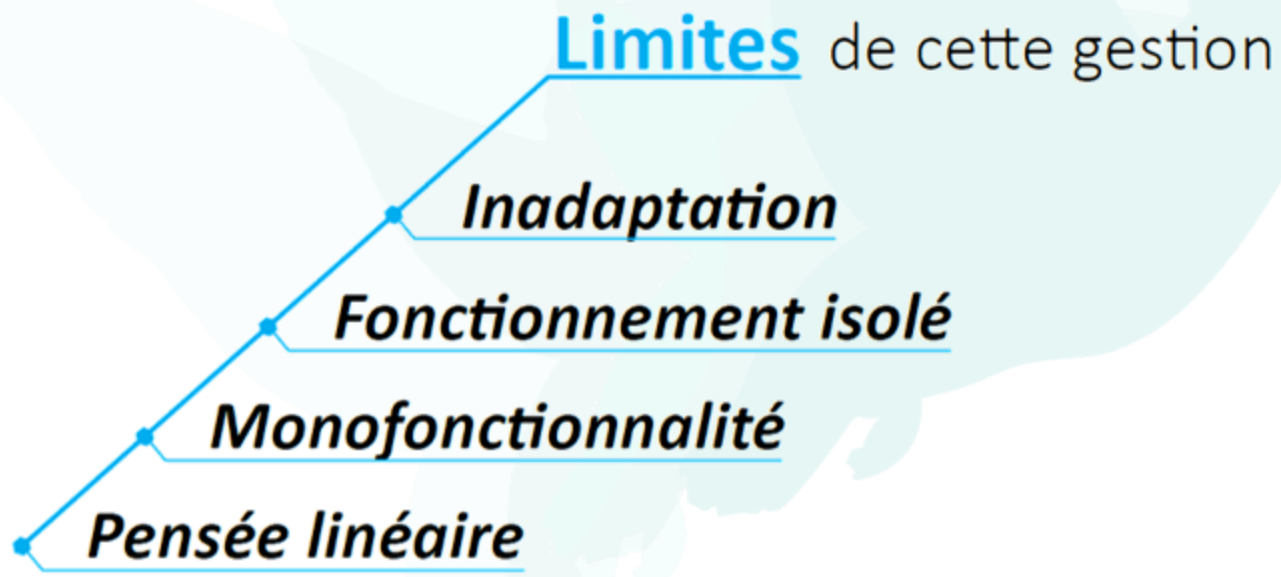
Application
de ces critères



La gestion “durable” de l’eau actuelle

Systèmes de labellisation

Projets “durables” existants



La gestion “durable” de l’eau actuelle

Systèmes de labellisation

Limites de la gestion “durable” actuelle

- Inadaptation*
- Fonctionnement isolé*
- Monofonctionnalité*
- Pensée linéaire*

Projets “durables” existants

Opportunités de l’approche biomimétique

- Adaptation*
- Fonctionnement synergique*
- Multifonctionnalité*
- Cycles de vie*



Se tourner vers le vivant ?

- *Biomimicry in Architecture*, livre de Michael Pawlyn
- *Biomimetics in Architecture*, livre de Petra Gruber
- *Architecture Follows Nature*, livre de Ilaria Mazzoleni
- *Towards the living envelope*, thèse de Lidia Badarnah Kadri

Chaque stratégie employée par une espèce naturelle est spécifique à son environnement.

1 - Récolter l'eau (diffusion ou condensation)

Coléoptère de Namibie : récolte la **vapeur d'eau**

-> Opportunité de source nouvelle pour les climats arides (SeaWater Greenhouse)



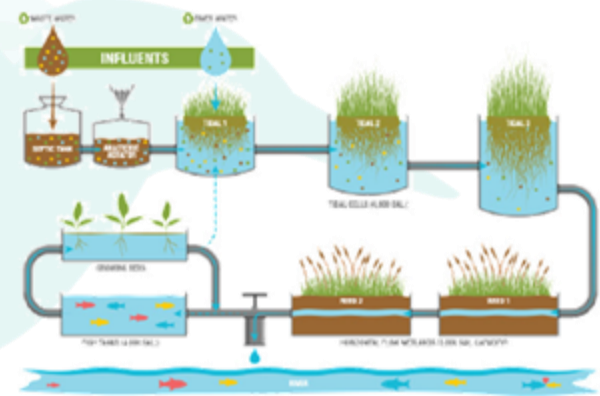
Source: Yunlong Hua, Ghassan S. Kassab

Source: BBC Natural History

2 - Transporter l'eau (gravité, action capillaire ou nervation)

Déplacement de fluides : **Diamètre relatif aux jonctions des vaisseaux** du corps (C. D. Murray)

-> Optimisation des réseaux selon le fluide en mouvement



Source: the-looper.com

3 - Stocker l'eau

Cactus à nervures verticales : Absorption d'eau **par expansion** sans croissance importante

-> Réservoirs expansifs grâce à des membranes légères en textile (Greenhouse I. Mazzoleni)

4 - Traiter l'eau (chimique, végétal, minéral, animal)

"Living Machine" : Traitement des eaux usées industrielles et d'égouts

Ecosystème d'**espèces végétales et de micro-organismes de zones humides**

-> Traitement de l'eau : étape la plus compliquée aujourd'hui pour être autonome en eau

5 - Economiser l'eau (réduction du degré d'évaporation ou d'exposition aux radiations)

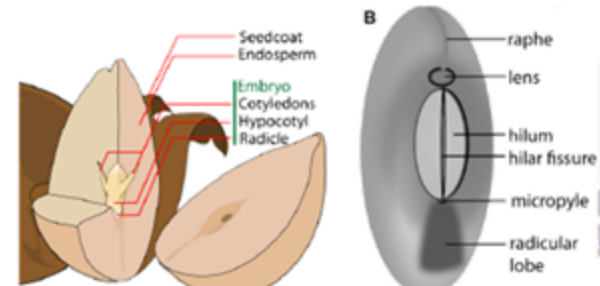
Larve de mouche : **Imperméabilisation possible de la peau** pour éviter l'assèchement

-> Mise en place de stratégies alternatives d'usage pour limiter la consommation en eau

6 - Rejeter de l'eau (évaporation, échange de gas ou diffusion)

Enveloppe de graine : Valve régule la quantité d'eau atteignant les parties internes de la graine

-> Rejet contrôlé selon les besoins et les usages

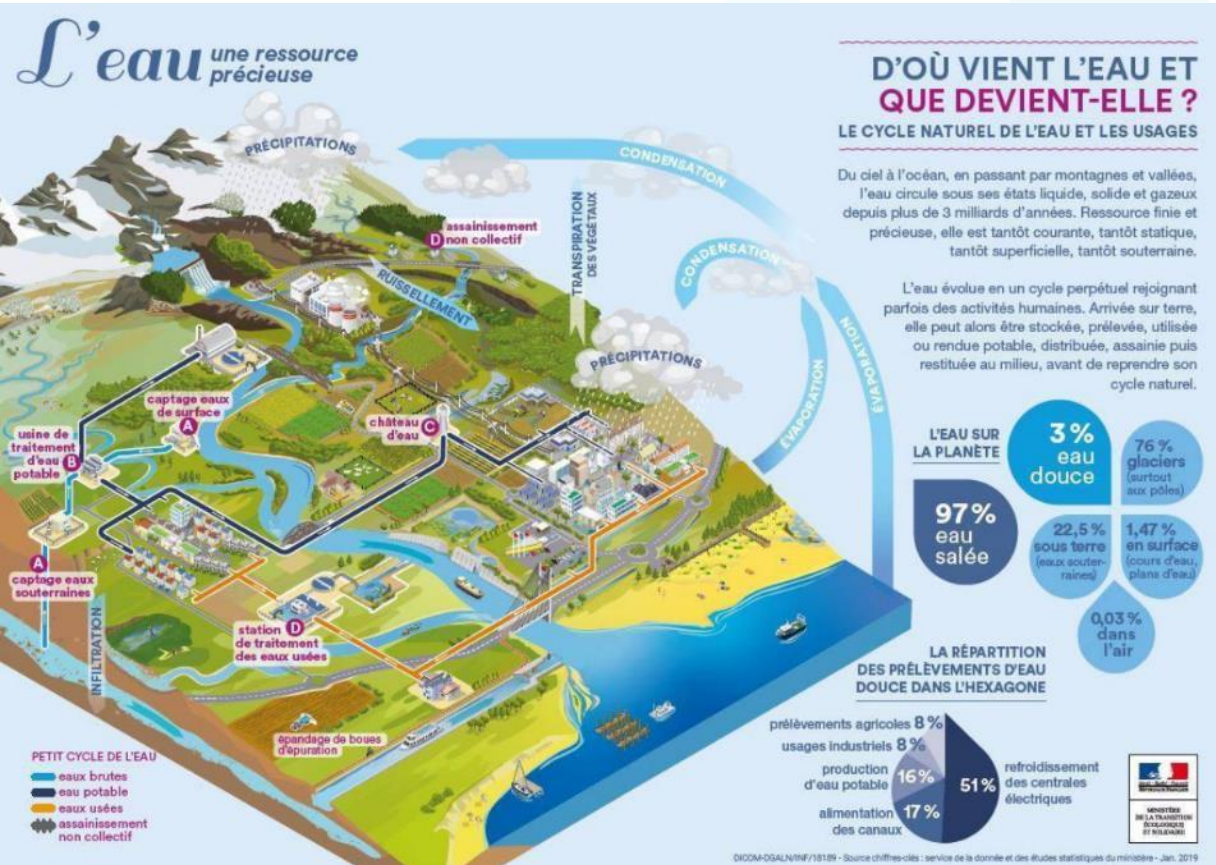


Source: LadyofHats

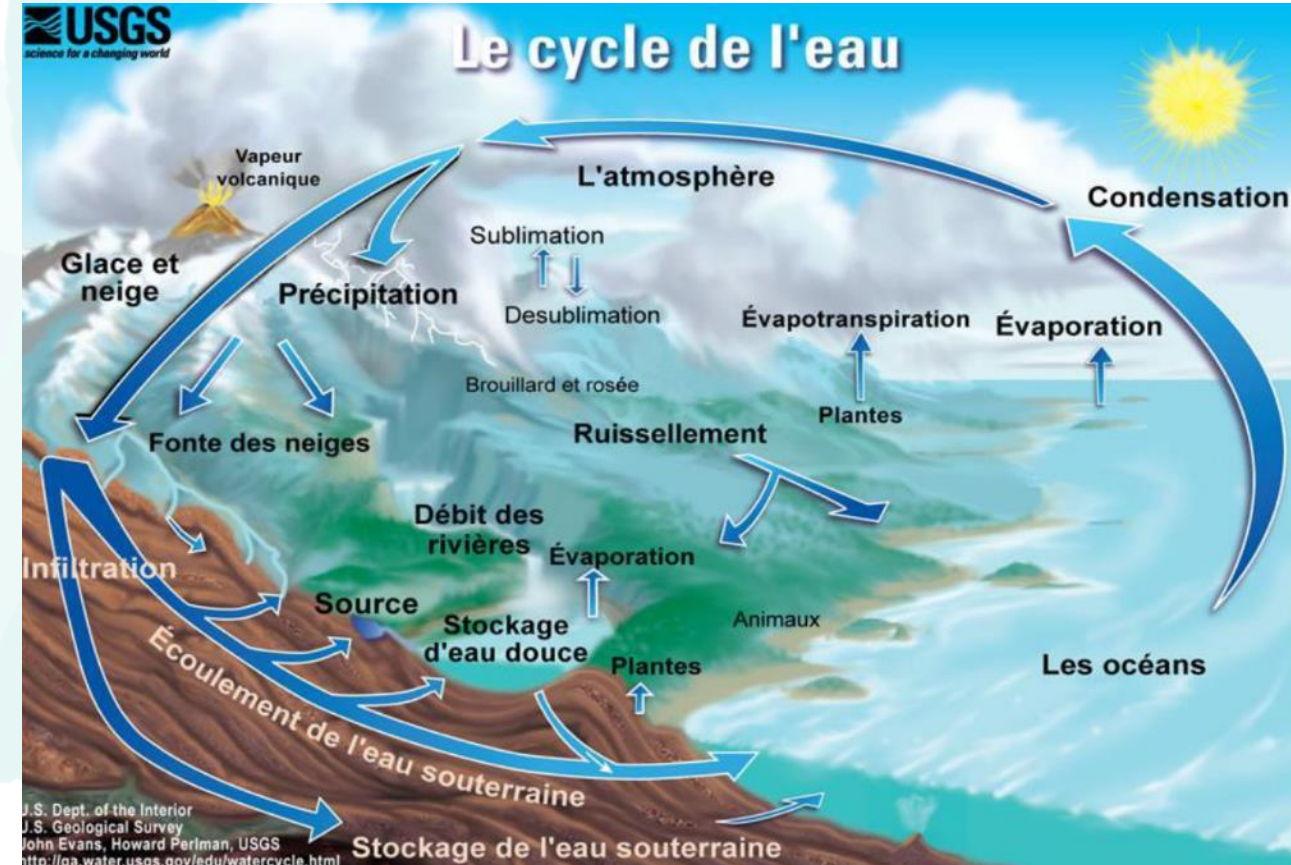
Source: frontiersin.org



Se tourner vers le vivant ?



Dans notre société, à l'échelle administrative



Dans le vivant, à l'échelle du bassin versant





02

Biomimétisme

Pour la gestion de l'eau en architecture



Le biomimétisme, s'inspirer de 3,8 milliards d'années d'adaptation et de régénération pour innover et concevoir durablement

Le Vivant : 1er laboratoire d'innovation et de R&D au monde



Des propriétés remarquables À toutes les échelles



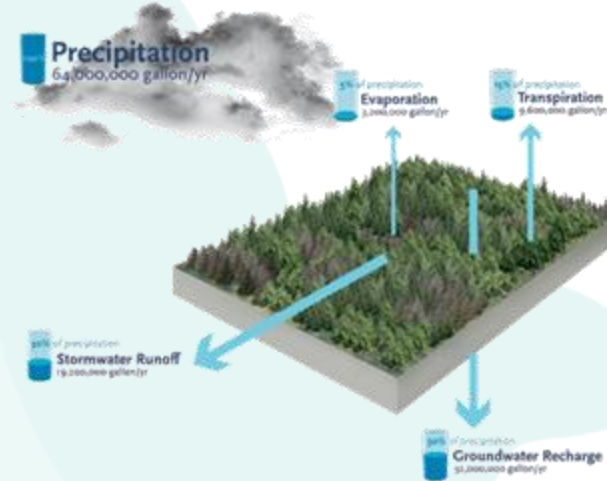
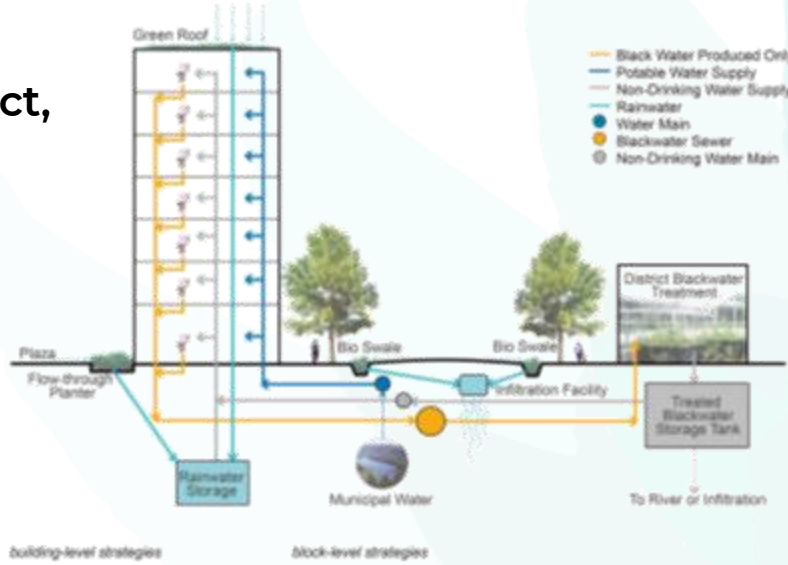
Projets bio-inspirés

Echelle urbaine

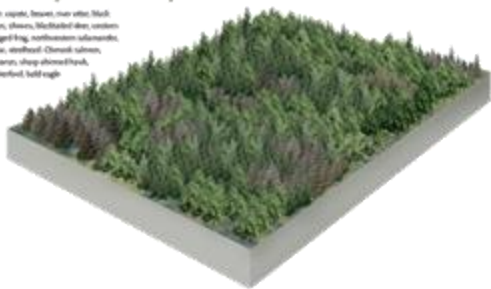
**Lloyd Crossing Project,
Mithun Architects,
Portland, USA, 2004**

Reproduire les services
écosystémiques de la
forêt originelle pour :

Habitats naturels
Gestion de l'eau
Gestion de l'énergie



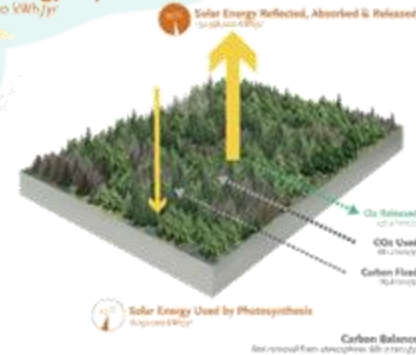
Pre-development Habitat Conditions
Tree cover **90%**
54 acres of Mixed Conifer Forest
Broad Diversity of Wildlife Species



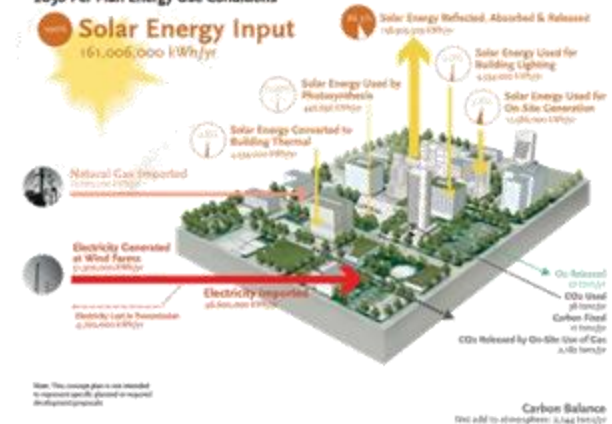
2050 Habitat Conditions
Tree cover **25-30%**
Potential native tree species include Douglas fir, red alder, bigleaf maple



Pre-development Energy Use Conditions
Solar Energy Input
161,005,000 kWh/yr

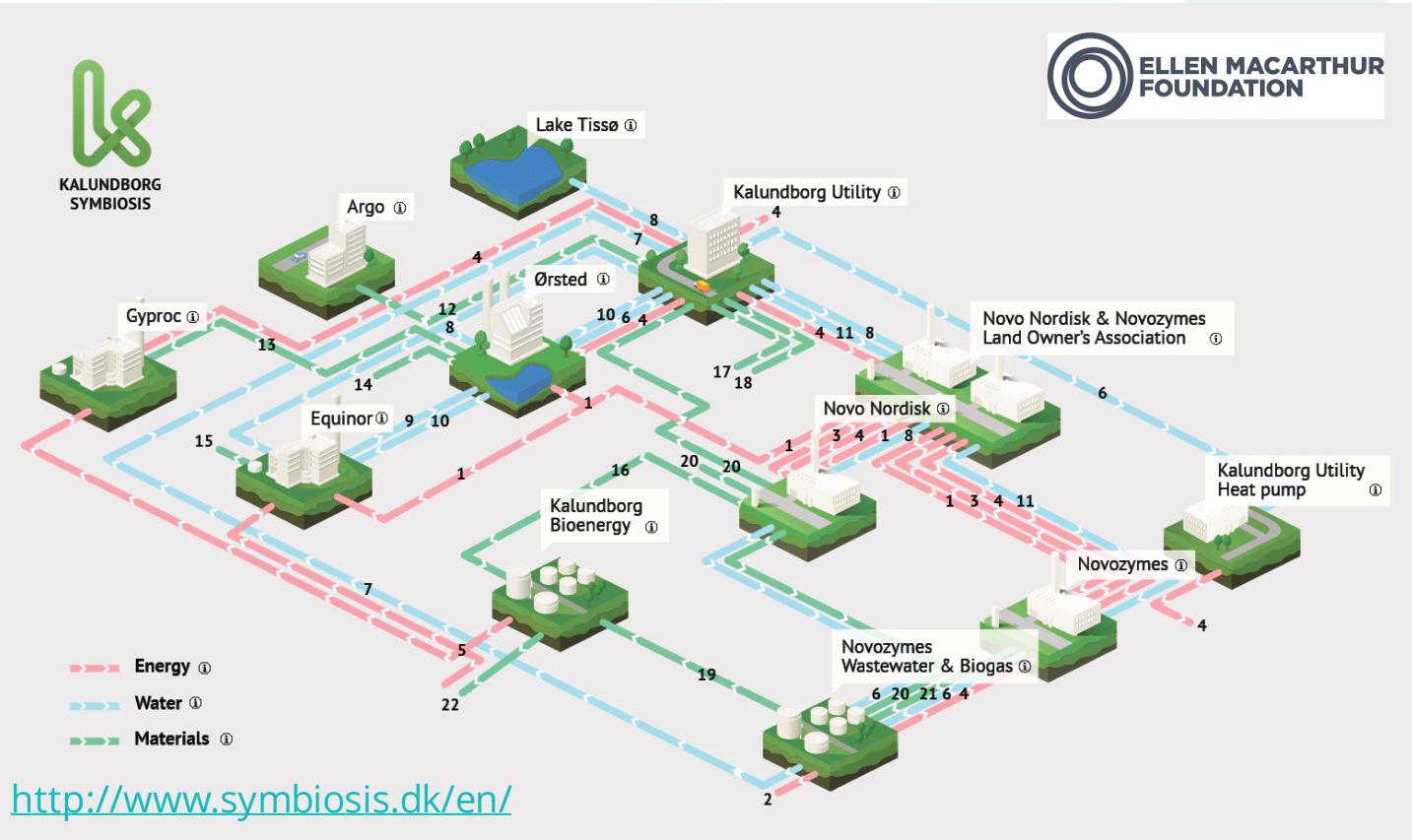


2050 Per Plan Energy Use Conditions
Solar Energy Input
161,005,000 kWh/yr



Projets bio-inspirés

Echelle urbaine



Symbiose industrielle, Kalundborg Symbiosis, Danemark

Ecologie industrielle, Dunkerque

Projets bio-inspirés

Echelle urbaine



Ville éponge, Qian'an, China, 2015



Parc éponge, Lingang, China, 2021

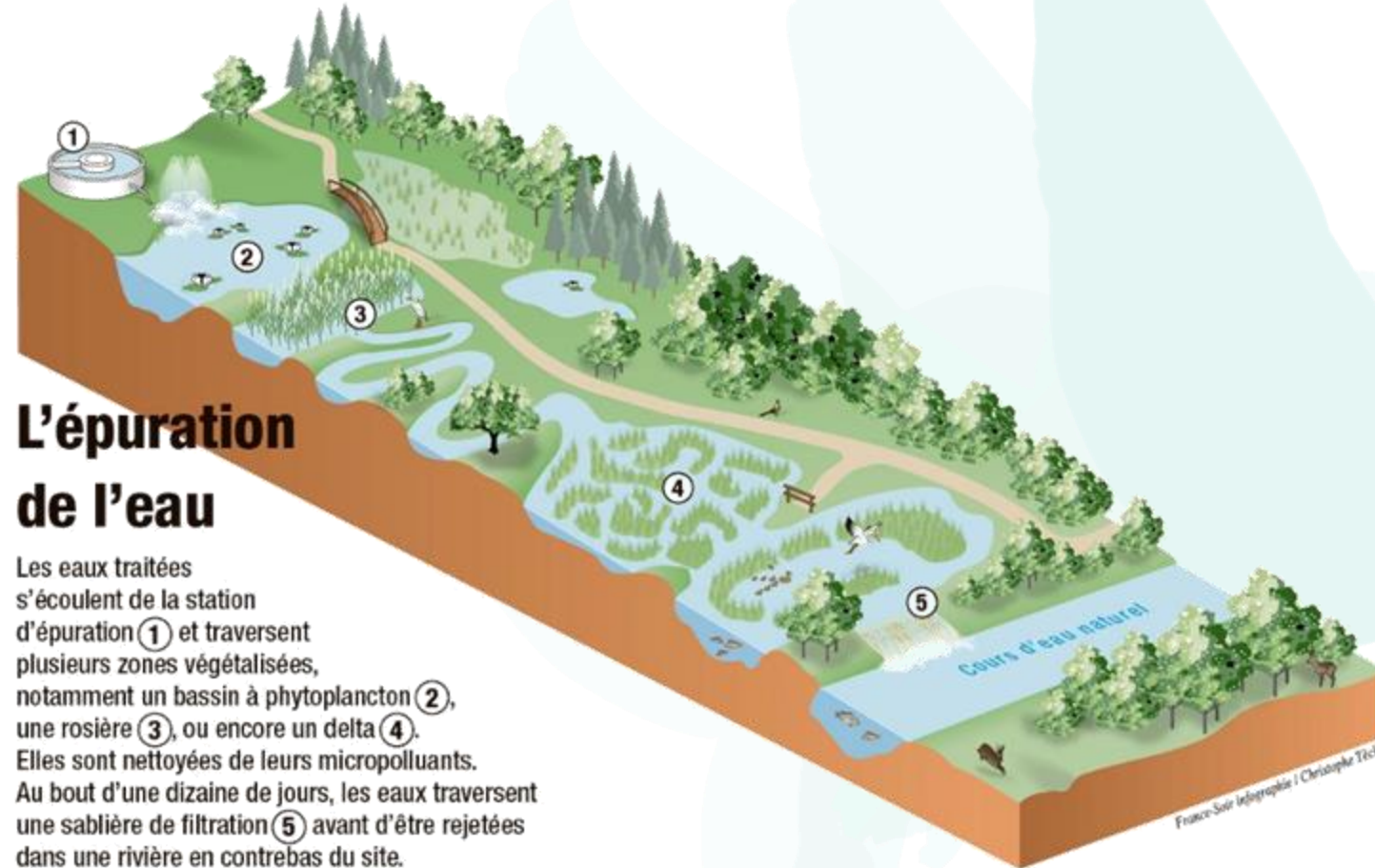


Projets bio-inspirés

Echelle urbaine



@Nature=Futur



Zone Libellule Suez Environnement, à Saint-Just, 2009

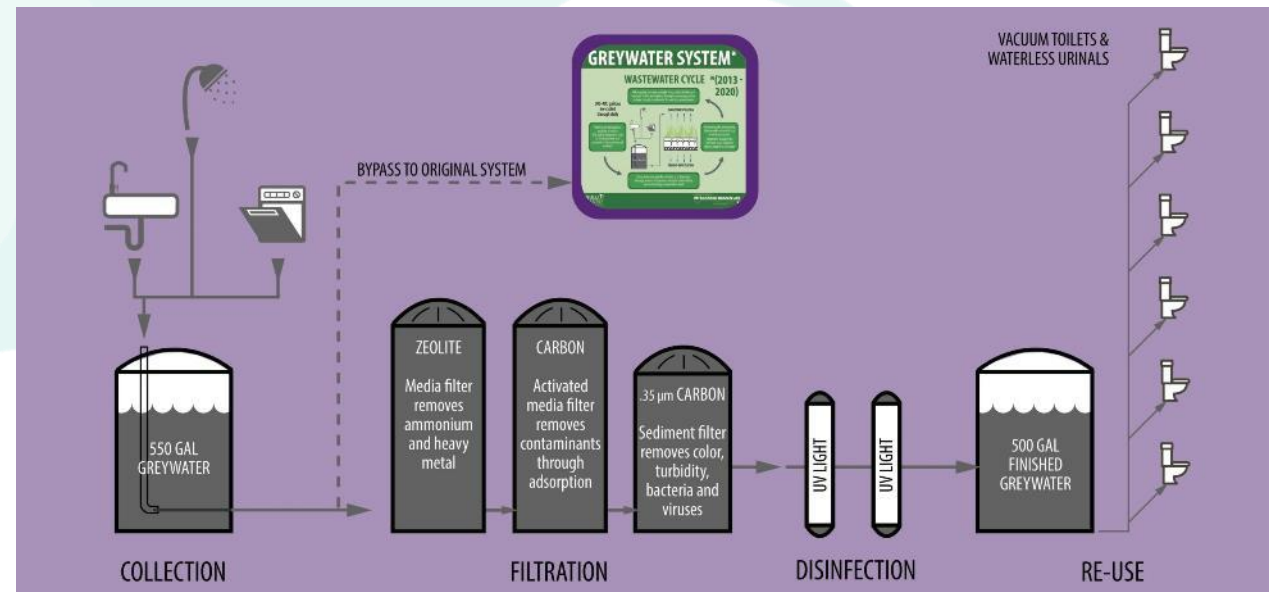
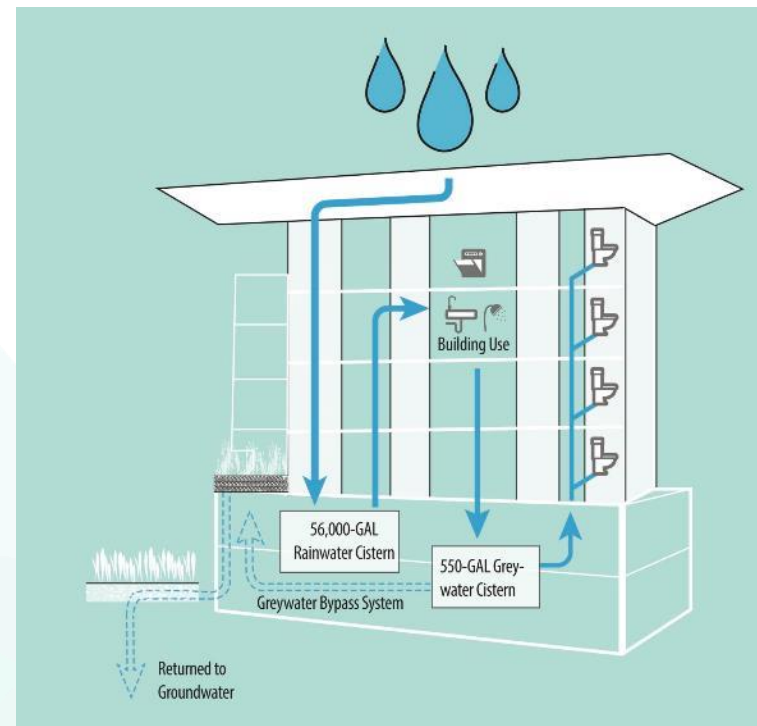


Projets bio-inspirés

Echelle du bâtiment

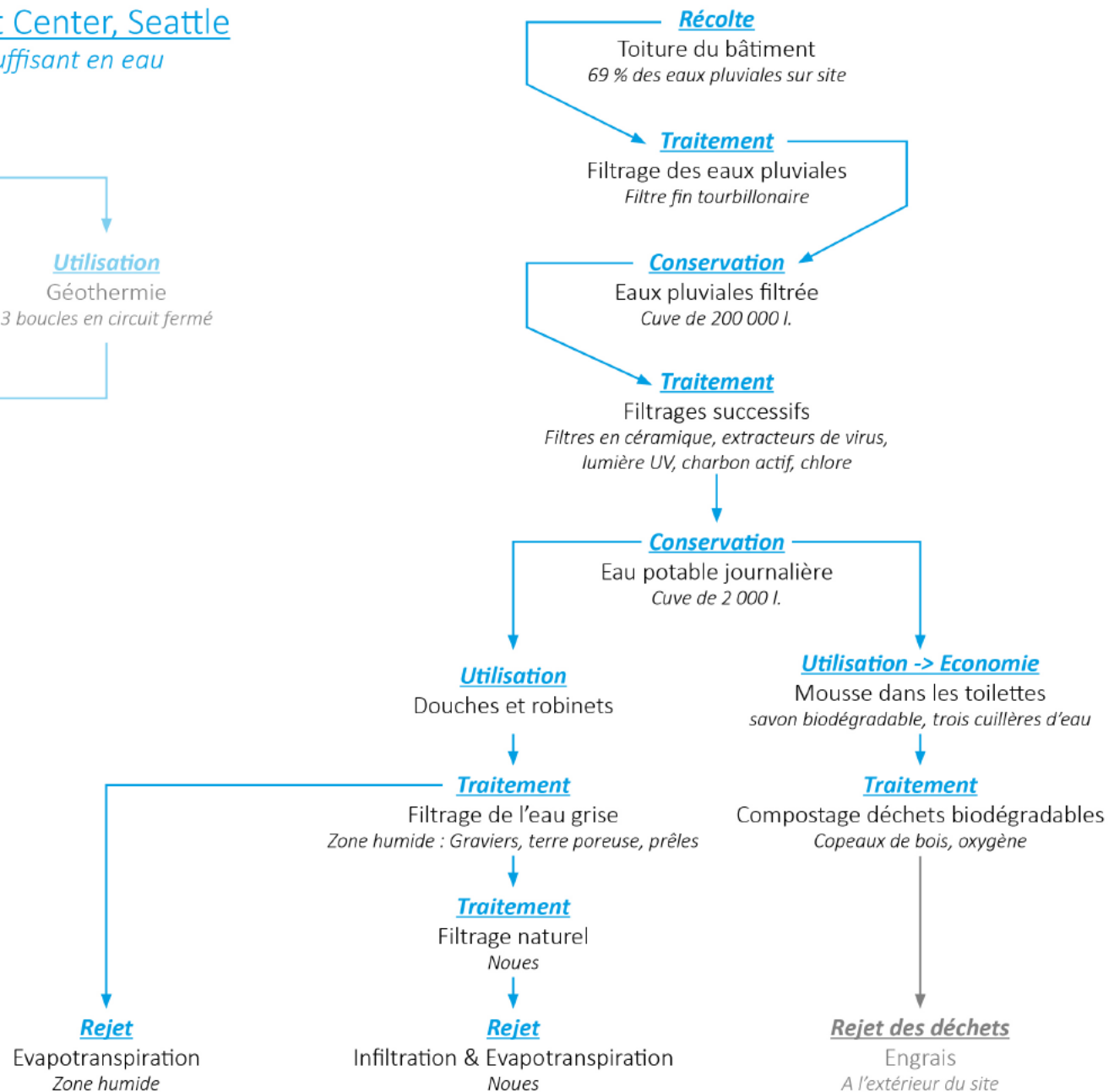
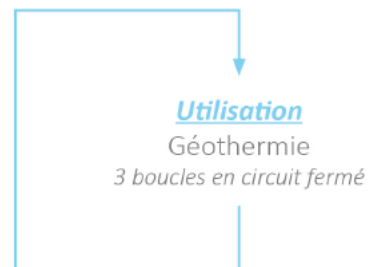


Bullitt Center, Miller Hull, Seattle, USA, 2013

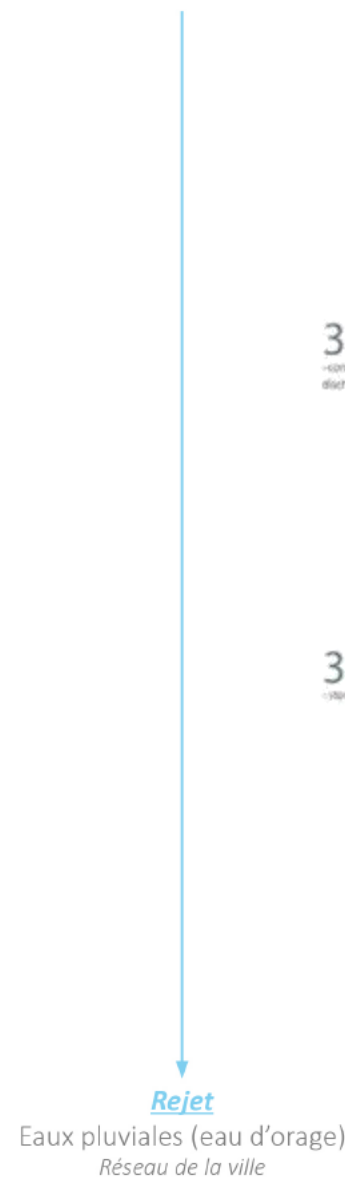


Bullitt Center, Seattle

Auto-suffisant en eau



Récolte
Périmètre du site
31 % des eaux pluviales sur site (eau d'orage)



BULLITT CENTER



DOUGLAS FIR FOREST



Projets bio-inspirés

Echelle du bâtiment



Qu'est-ce que **L'ESTRAN**? = UN PAYSAGE ACTIF → UN TOIT LIQUIDE Tant dans ses usages que dans ses fonctions

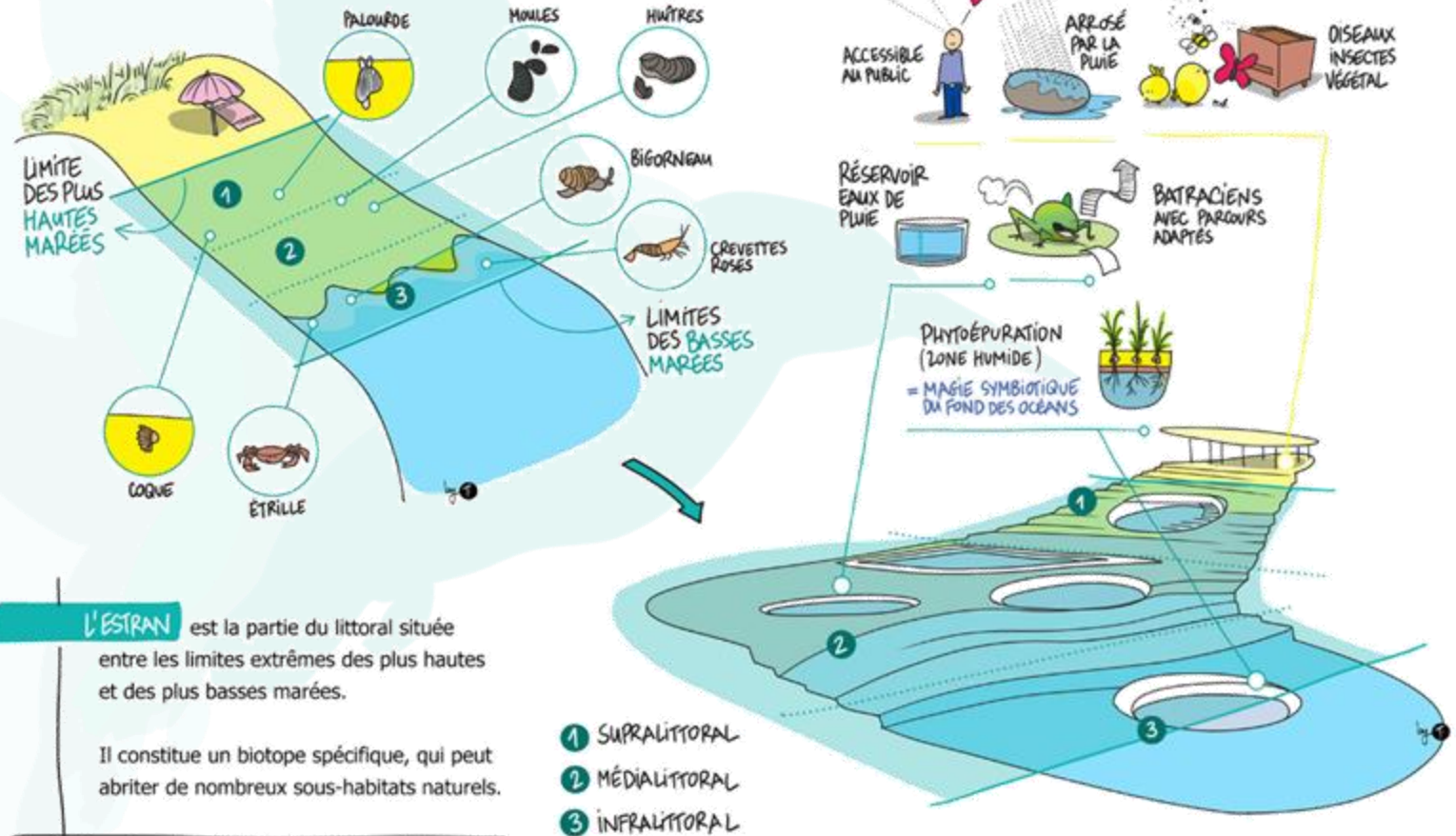


Illustration - version esquisse - by Tatiene - www.tatiene.fr

L'Estran, Béchu + associés, Biarritz, 2019



Projets bio-inspirés

Echelle du composant/matériau



Aquatextiles pour la bioremédiation des eaux pluviales



Solutions de phytoremédiation/ phytoépuration



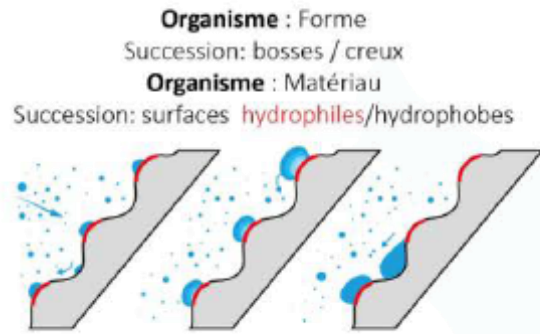
Traitement des eaux grâce à des filtres moléculaires inspiré des membranes cellulaires.



Projets bio-inspirés

Echelle du composant/matériau

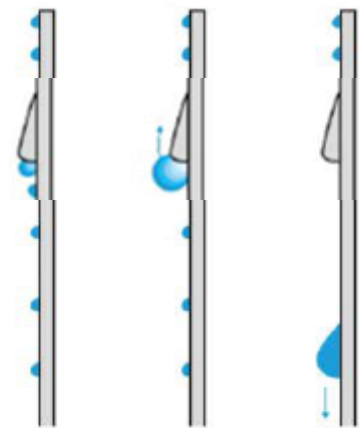
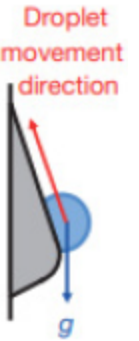
COLÉOPTÈRE DE NAMIBIE



CACTUS

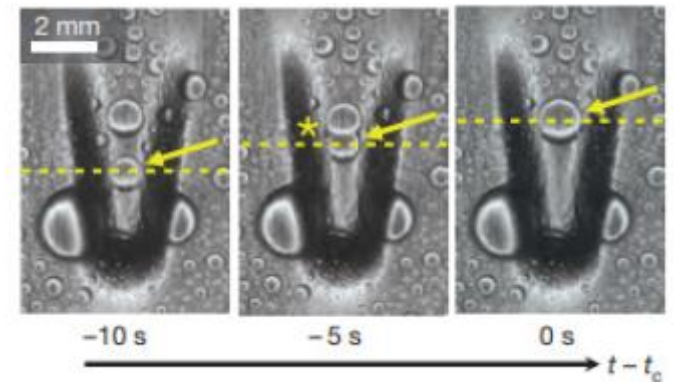
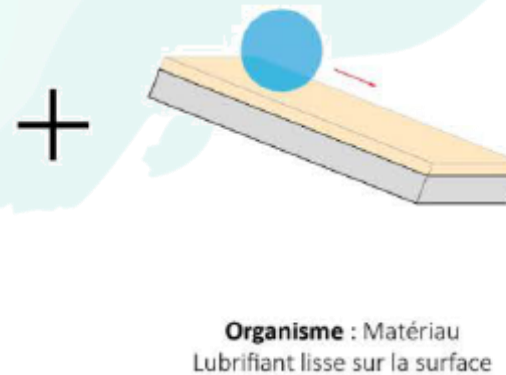
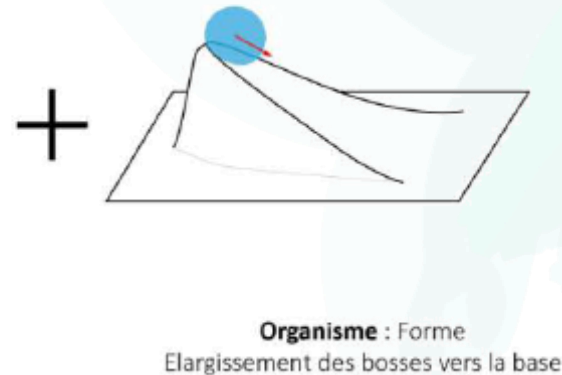


SARRACÉNIE POURPRE



Organisme : Forme
 Répartition de bosses

PROJET



The Aizenberg lab – Harvard SEAS

Combinaison de stratégies de trois espèces différentes pour une surface récoltant l'eau à partir de la brume



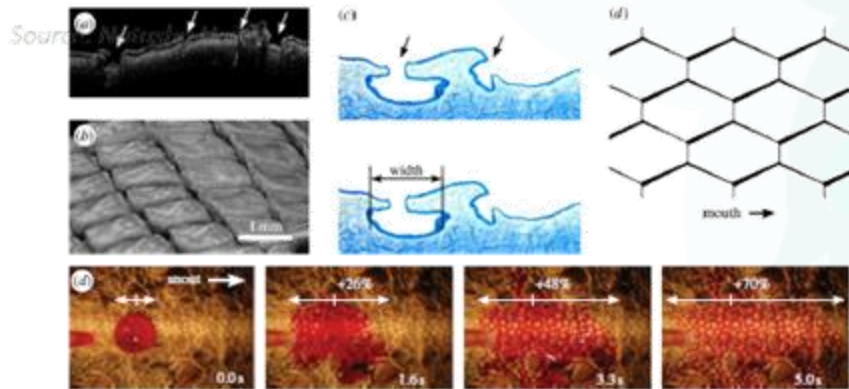
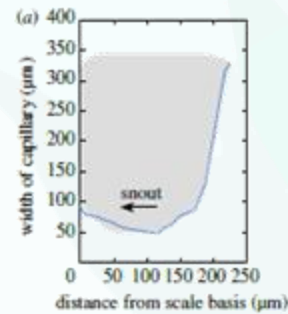
Projets bio-inspirés

Echelle du composant/matériau

Le crapeau cornu du Texas

Organisme: Forme - Matériau

Humidité au contact de la peau : gouttes dispersées dans un **réseau capillaire**
 Réseau capillaire: **nid d'abeille** (géométrie de répartition la plus efficace)
 Eau dirigée vers le **museau** grâce à ce réseau situé entre les écailles

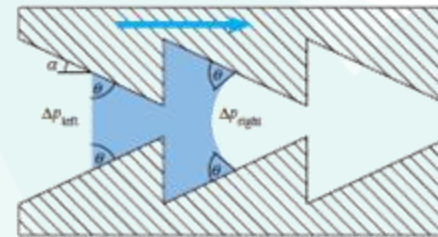


Source: Philipp Comanns

Biomimetic "Liquid diode" project

Organisme: Forme

Matériau (résine epoxy): Caractéristiques similaires à celles du lézard
 Eau: Déplacée dans **une direction** selon la forme du canal



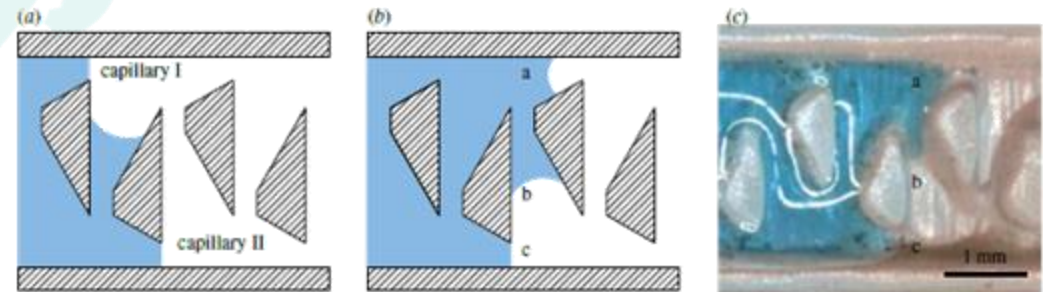
Un canal longitudinal:

Rétrécissement puis ouverture importante
 Plus simple forme pour un canal capillaire

Arrêt à chaque ouverture: **ralentissement**
 Déplacement: direction inverse impossible

Deux canaux longitudinaux + interconnections (circulation passive):

Liquide s'arrête aux ouvertures importantes du capillary I et II
 Liquide utilise l'interconnection et récupère le liquide arrêté au capillary I



Source: Philipp Comanns

Projets bio-inspirés

Echelle du composant/matériau

Limace Banane

Organisme: Matériau - Processus

Limace: survie dépend de l'**humidité** du milieu

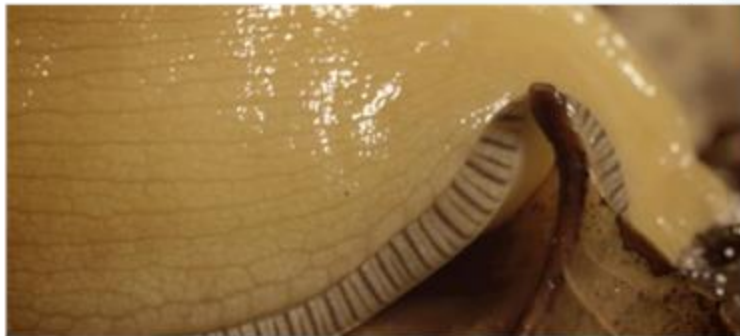
Peau: nécessité de rester humide, surface **d'échange** entre int/ext

Climat non favorables: Abrite sous une feuille et sécrète du mucus

Mucus hygroscopique sécrété: sommet du dos puis distribué également



Source: Joanyoung2013



Source: Cassidy

Greenhouse Project, Santa Cruz

Organisme: Processus

Enveloppe **adaptative** aux conditions climatiques (**protection** ou **exposition**)

Echange d'air, d'eau et de rayons solaires (**Interstices** entre les poches)

Averse: poche (silicone) se remplit, tire sur les accroches, laisse l'eau tomber

Tubes plastiques: Transport de l'eau en excès des poches vers un **réservoir**

Beau temps : Poche se remet en tension, refermant les interstices



Source: Ilaria Mazzoleni



Projets bio-inspirés

Echelle du composant/matériau

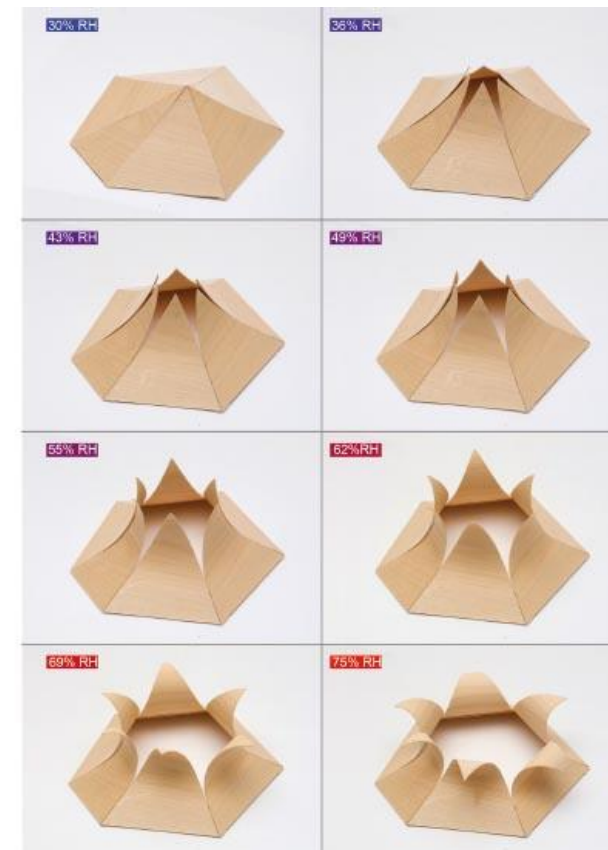
sto



Building with conscience.



Peinture auto-nettoyante grâce à la texturation de surface inspirée des feuilles de lotus



Pavillon Hygroskin par ICD ITKE, FRAC Centre, France, 2012





03

Recherche



Approche biomimétique

Les 3 grandes étapes du biology push

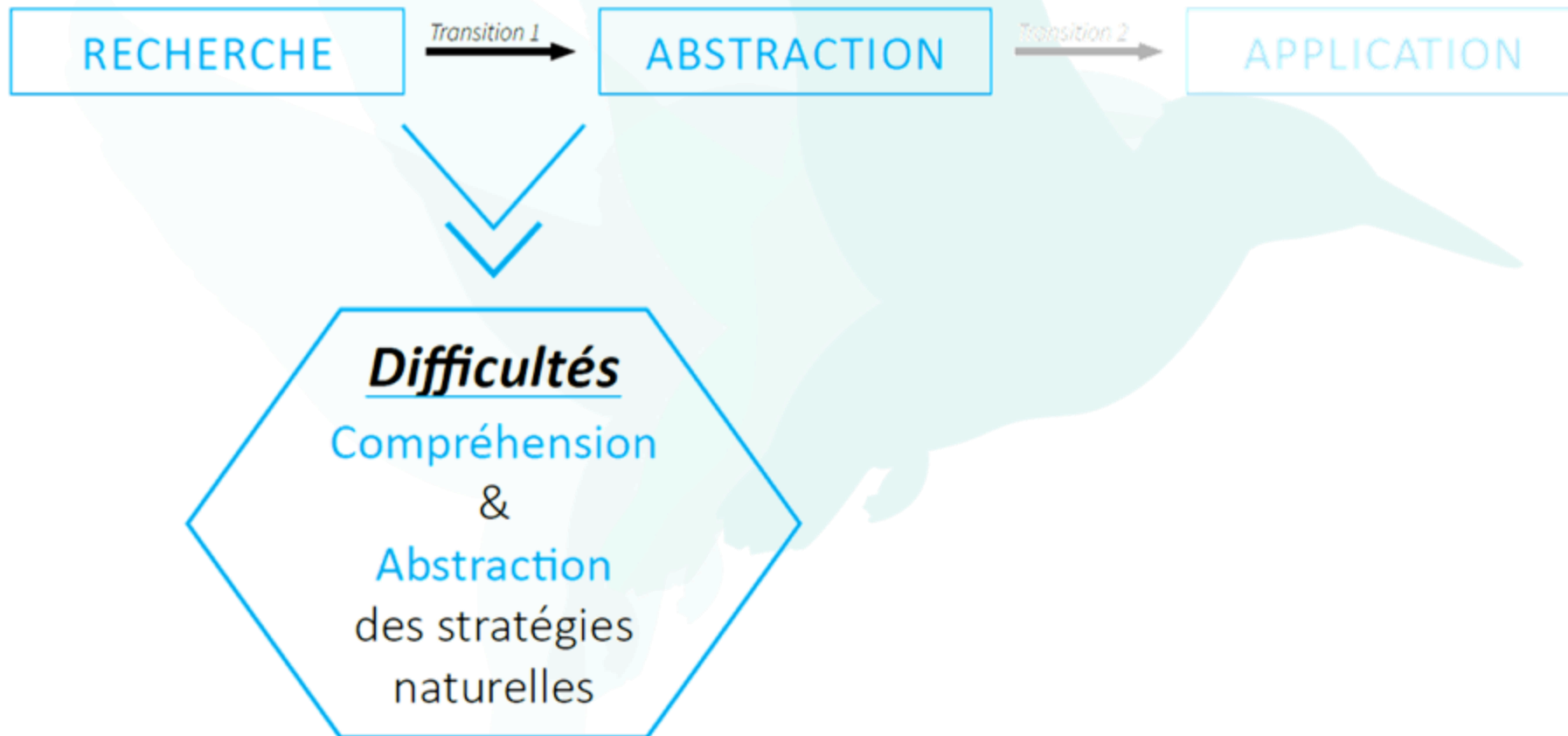
De Pohl & Nachtigall



Approche biomimétique

Difficultés majeures

De Pohl & Nachtigall



Approche biomimétique

Répondre par les outils

De Pohl & Nachtigall



Pour y répondre

Adapter les outils existants
à la **conception architecturale**
vers la **durabilité**

à 3 échelles :

Organisme / Communauté / Ecosystème



Approche biomimétique

Penser le multi-échelles

De Pohl & Nachtigall



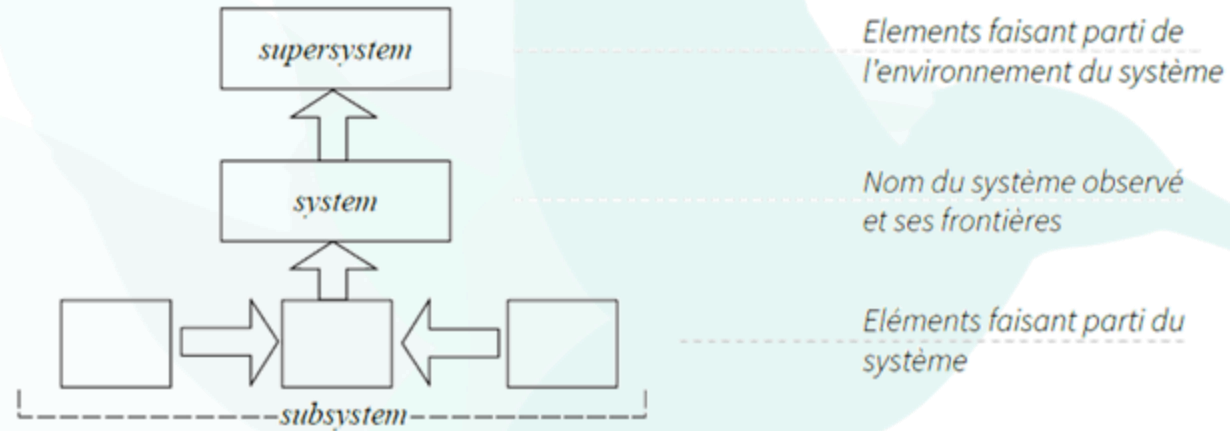
- ORGANISME** :
I Adaptation du système opérateur de **BioTRIZ**
- COMMUNAUTÉ** :
II Adaptation de l'étude des **Interactions Biologiques**
- ECOSYSTÈME** :
III Combinaison de **Ecosystem Service Analysis** et **Mesures de pré-développement**



1 – Echelle de l'organisme

BioTRIZ

Le système opérateur de BioTRIZ



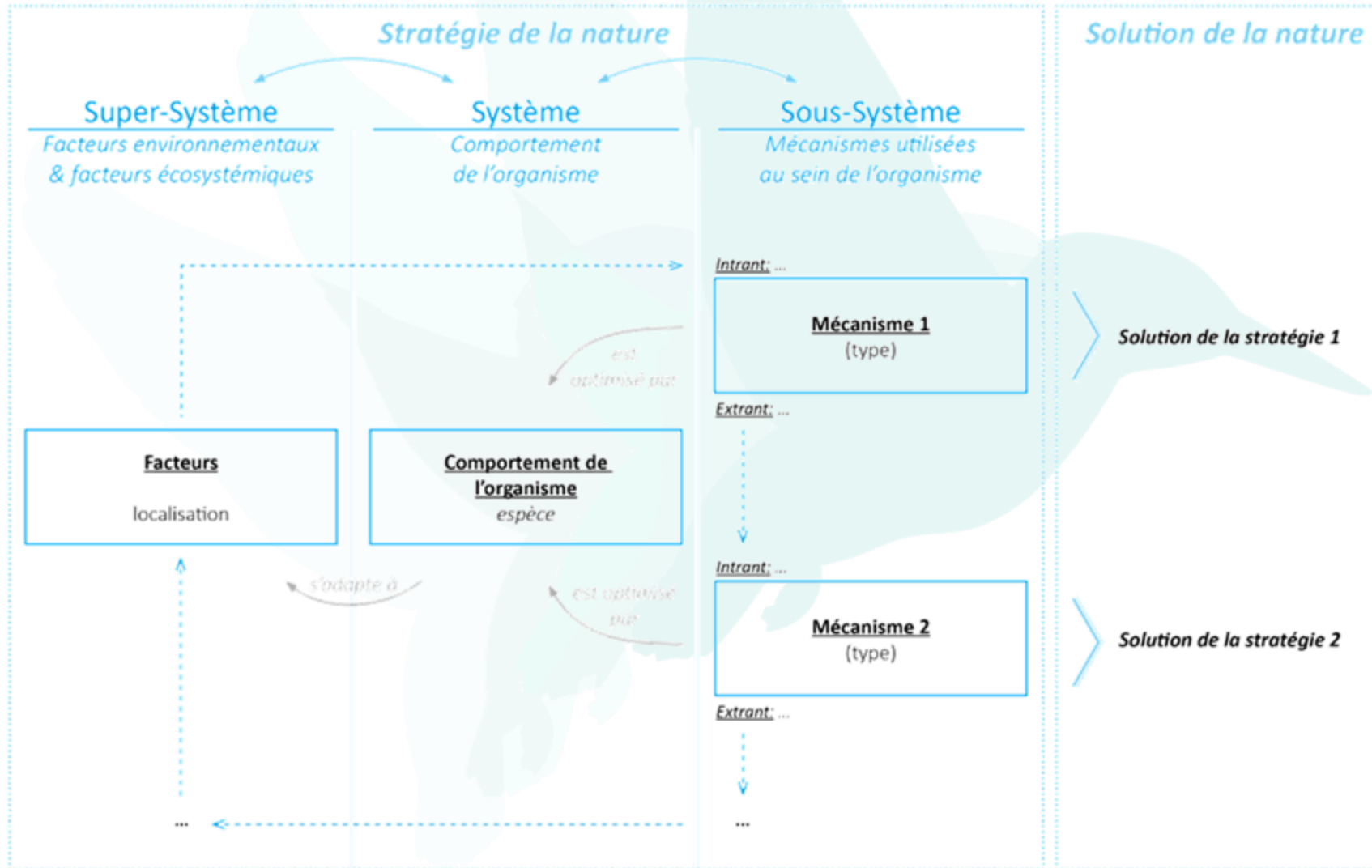
La hiérarchie des systèmes biologiques du système opérateur*

*VINCENT Julian, BOGATYREVA Olga, BOGATYREV Nikolaj, BOWYER Adrian, PAHL Anja-Karina, 2006. Biomimetics: its practice and theory, J. R. Soc. Interface, pp. 7



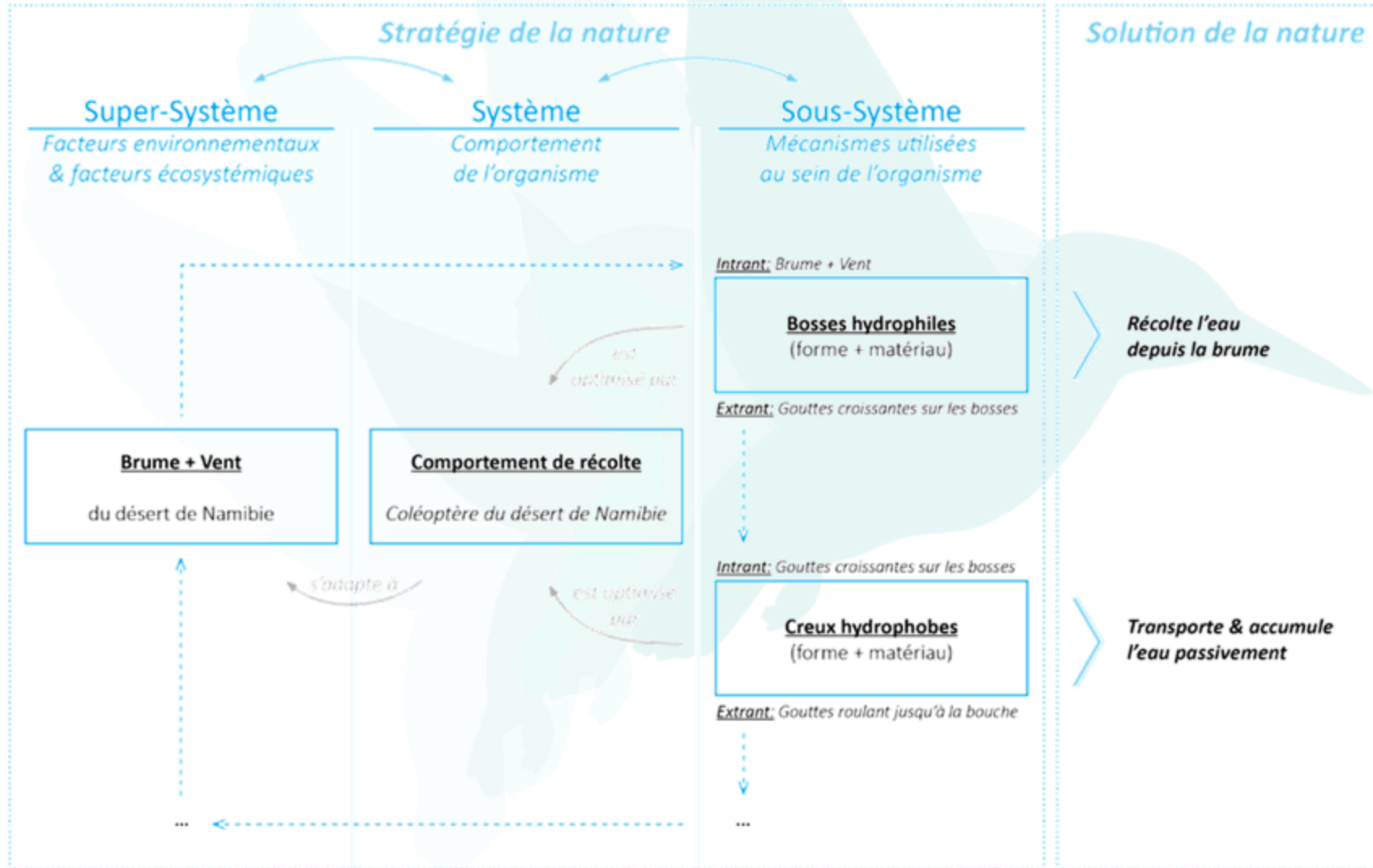
1 – Echelle de l'organisme

Adaptation du système opérateur BioTRIZ



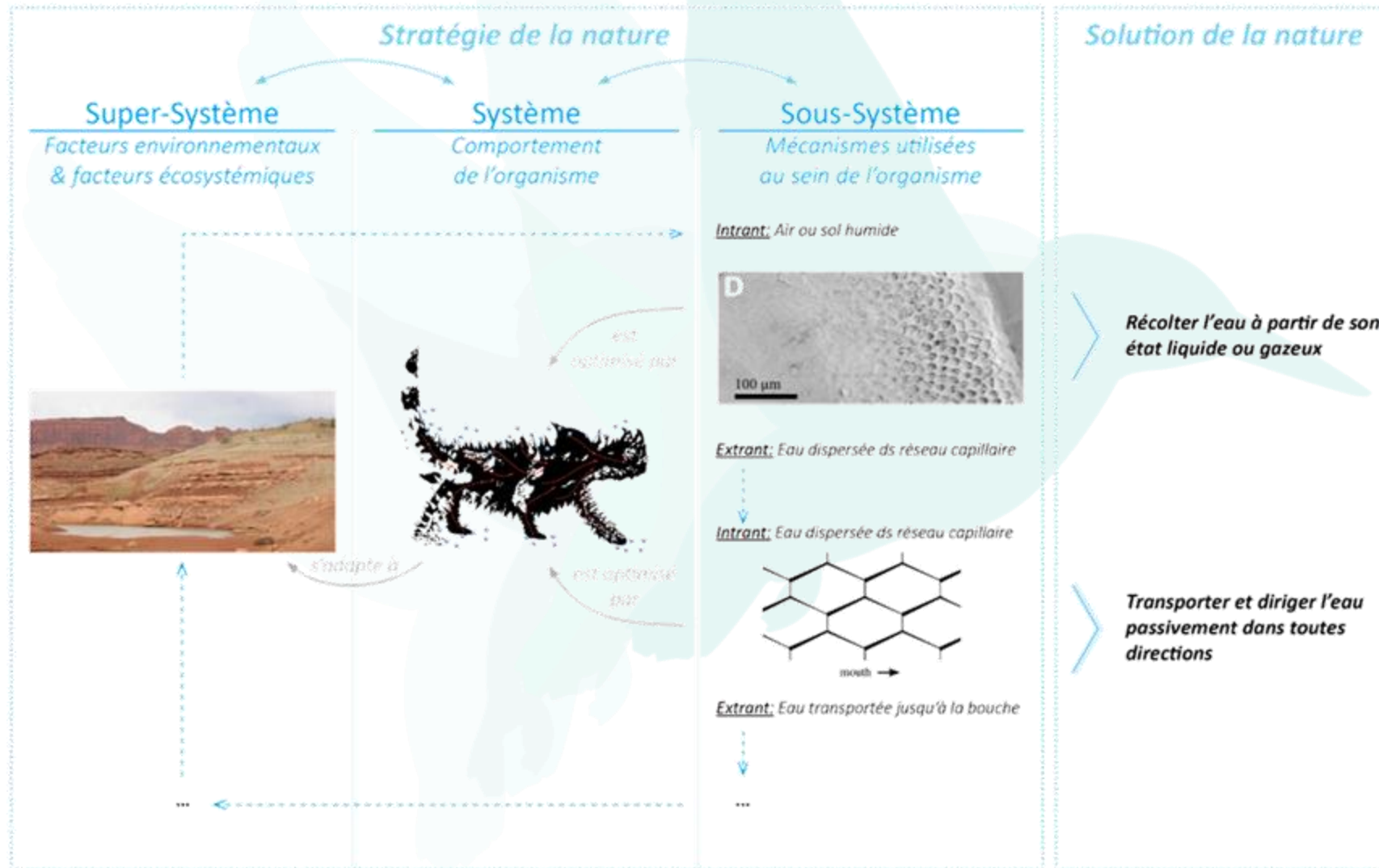
1 – Echelle de l'organisme

Coléoptère de Namibie



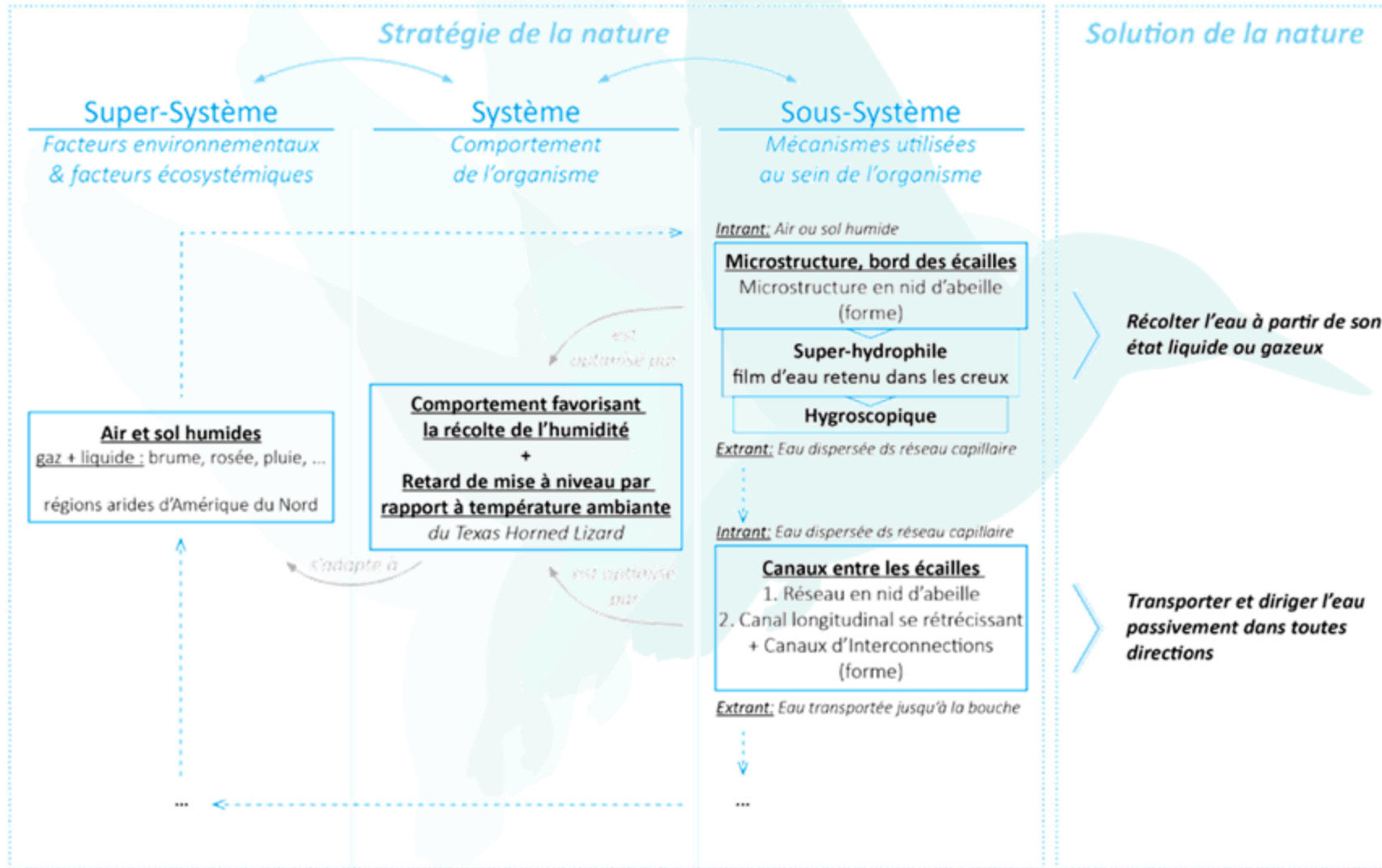
1 – Echelle de l'organisme

Crapaud cornu du Texas



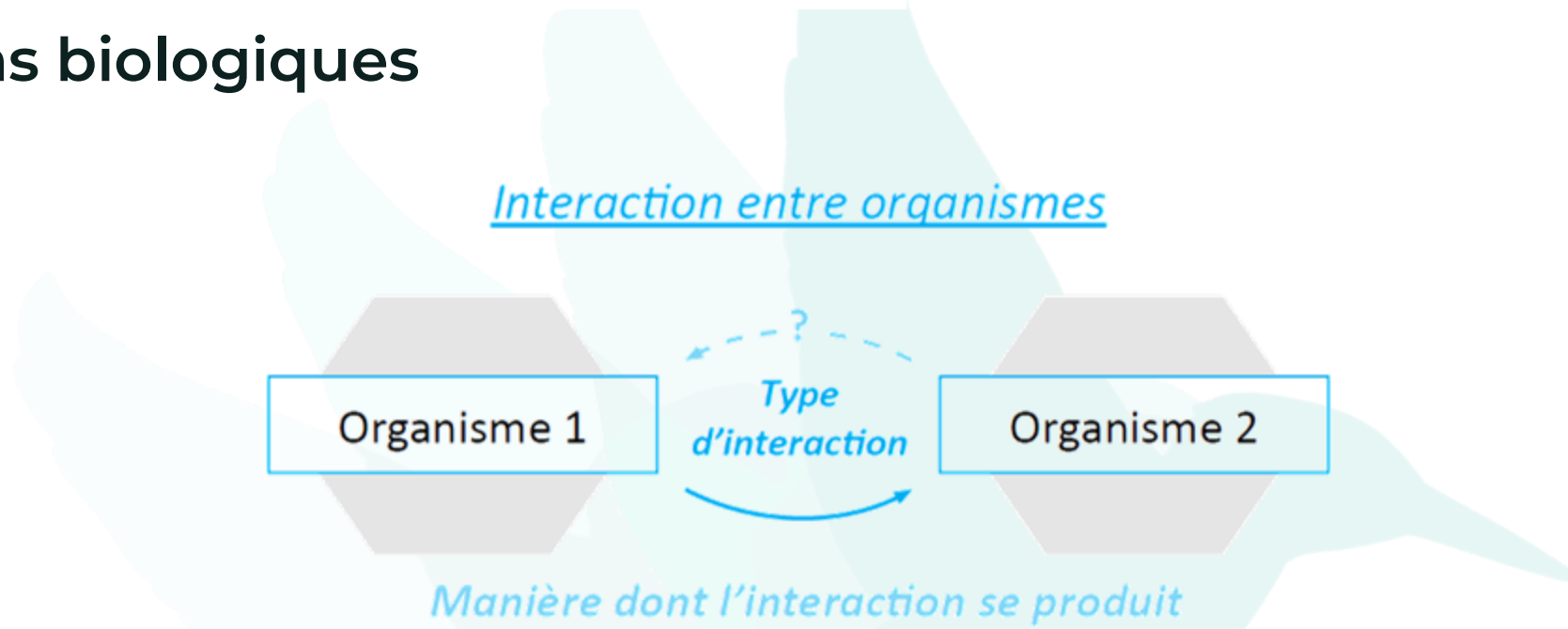
1 – Echelle de l'organisme

Crapaud cornu du Texas



2 – Echelle de la communauté

Interactions biologiques

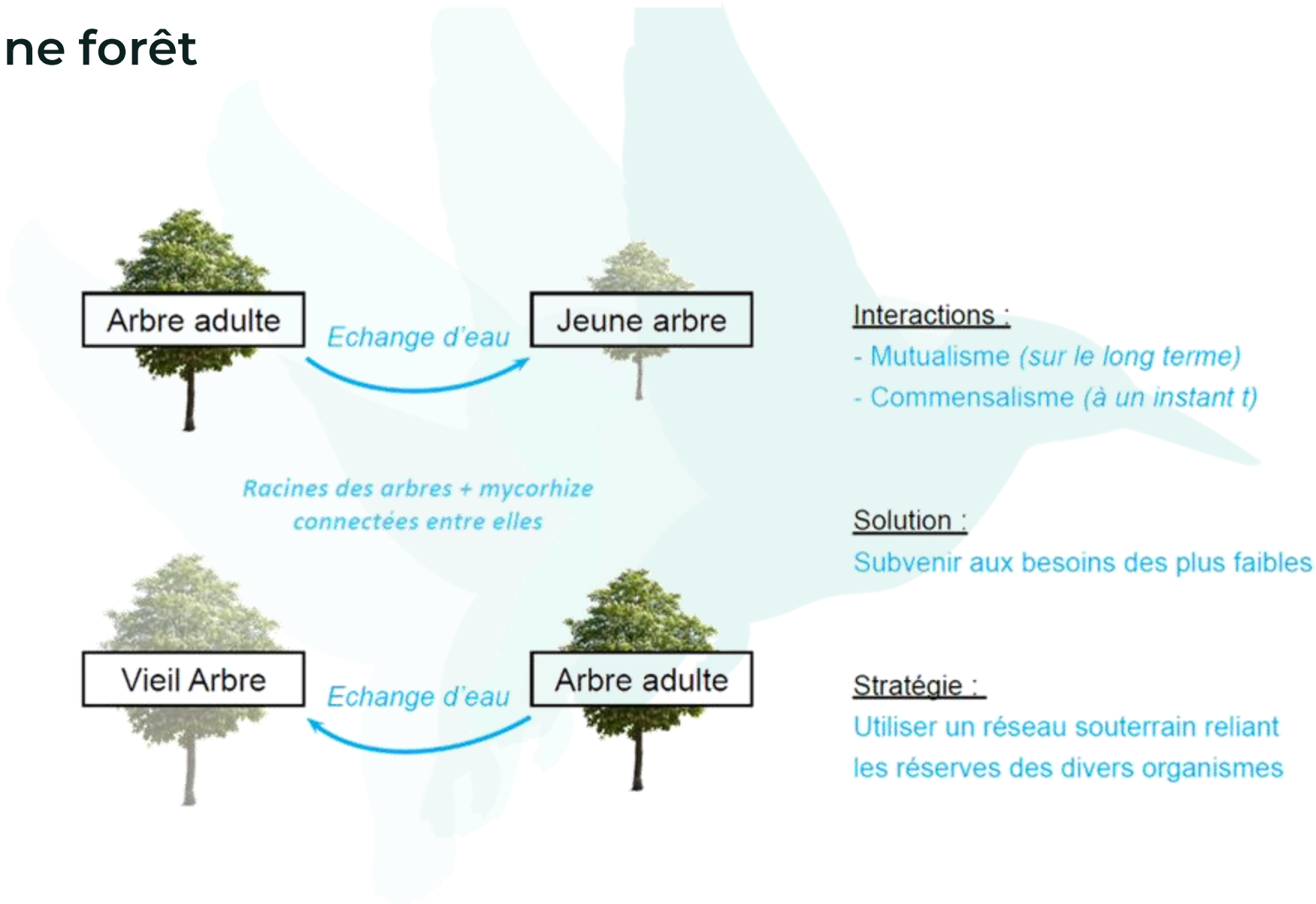


		Espèce A		
		Nuisible -	Neutre .	Bénéfique +
Espèce B	Nuisible -	Compétition	Amensalisme	Parasitisme Prédation
	Neutre .	Amensalisme	Neutralisme	Commensalisme
	Bénéfique +	Parasitisme Prédation	Commensalisme	Mutualisme



2 – Echelle de la communauté

Au sein d'une forêt



Interactions :

- Mutualisme (sur le long terme)
- Commensalisme (à un instant t)

Solution :

Subvenir aux besoins des plus faibles

Stratégie :

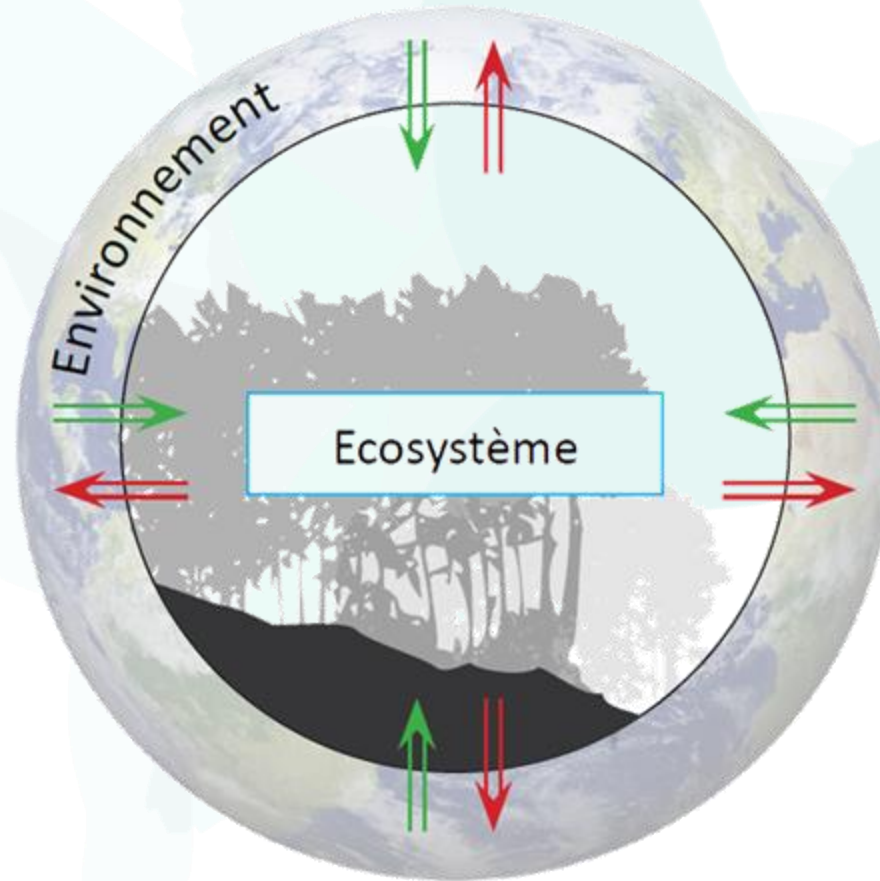
Utiliser un réseau souterrain reliant les réserves des divers organismes



3 – Echelle de l'écosystème

Ecosystem Service Analysis & Mesures de pré-développement

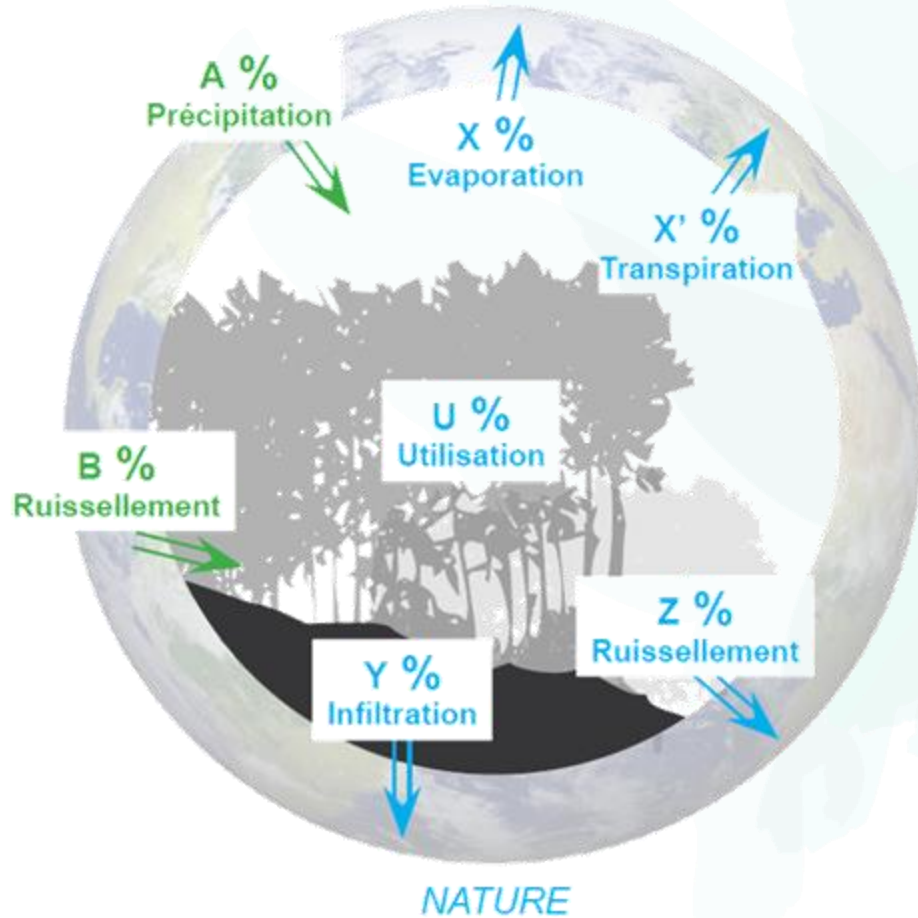
Interaction entre un écosystème et son environnement



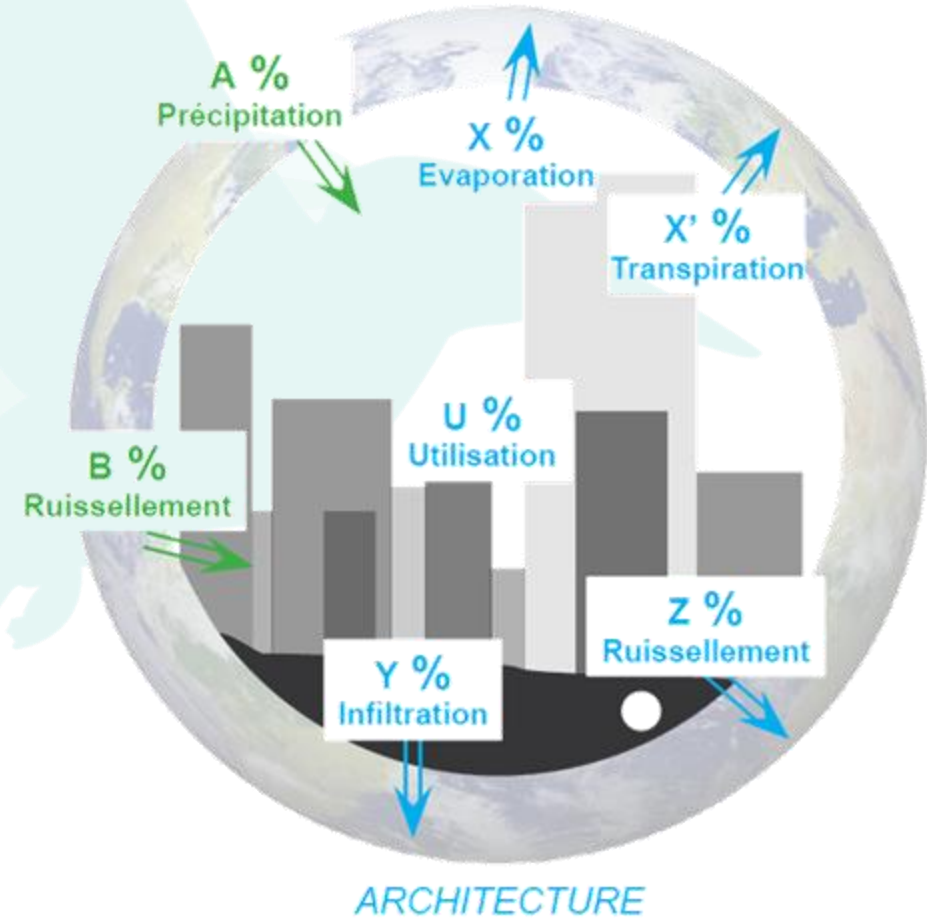
3 – Echelle de l'écosystème

Ecosystem Service Analysis & Mesures de pré-développement

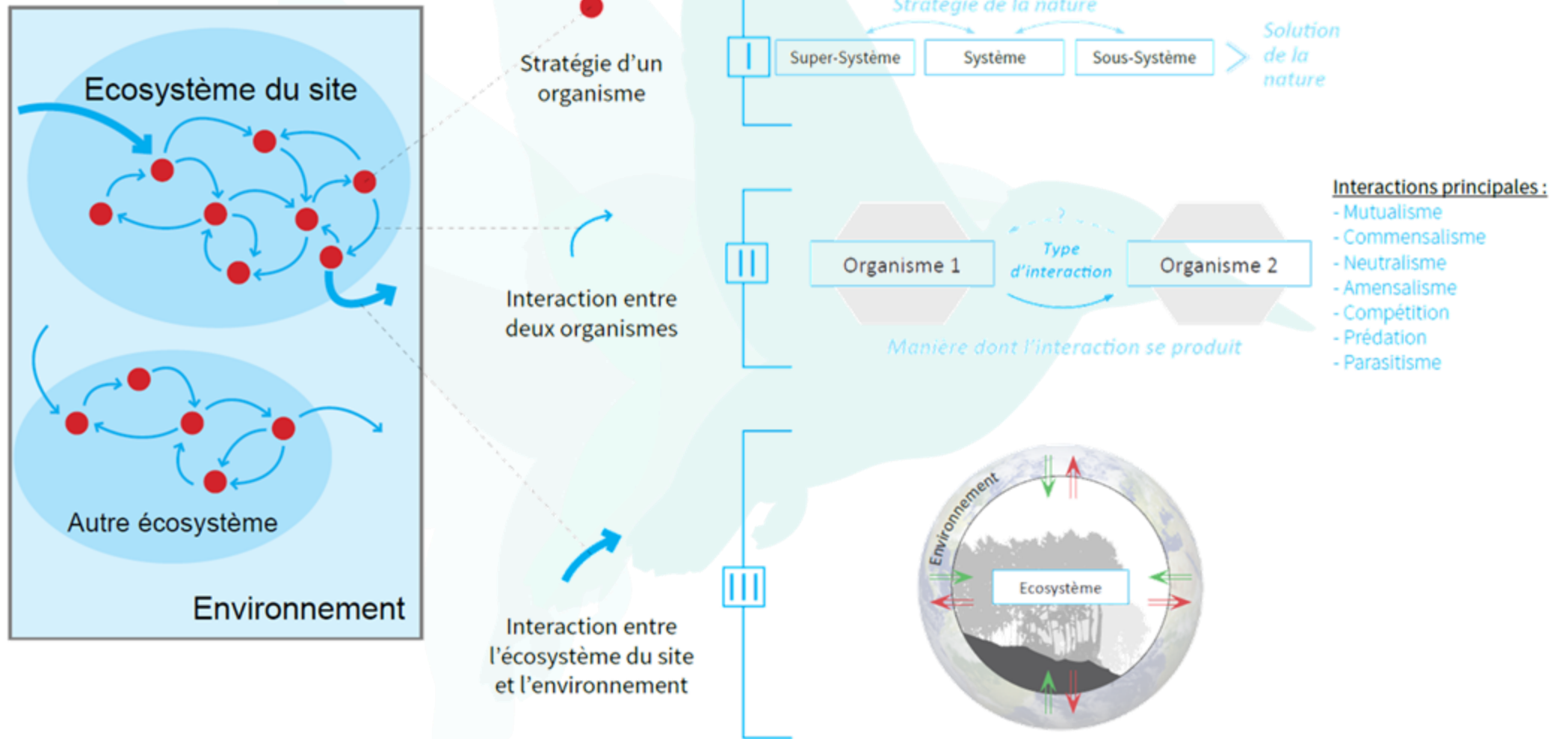
Interactions entre l'écosystème original sur le site et l'environnement proche



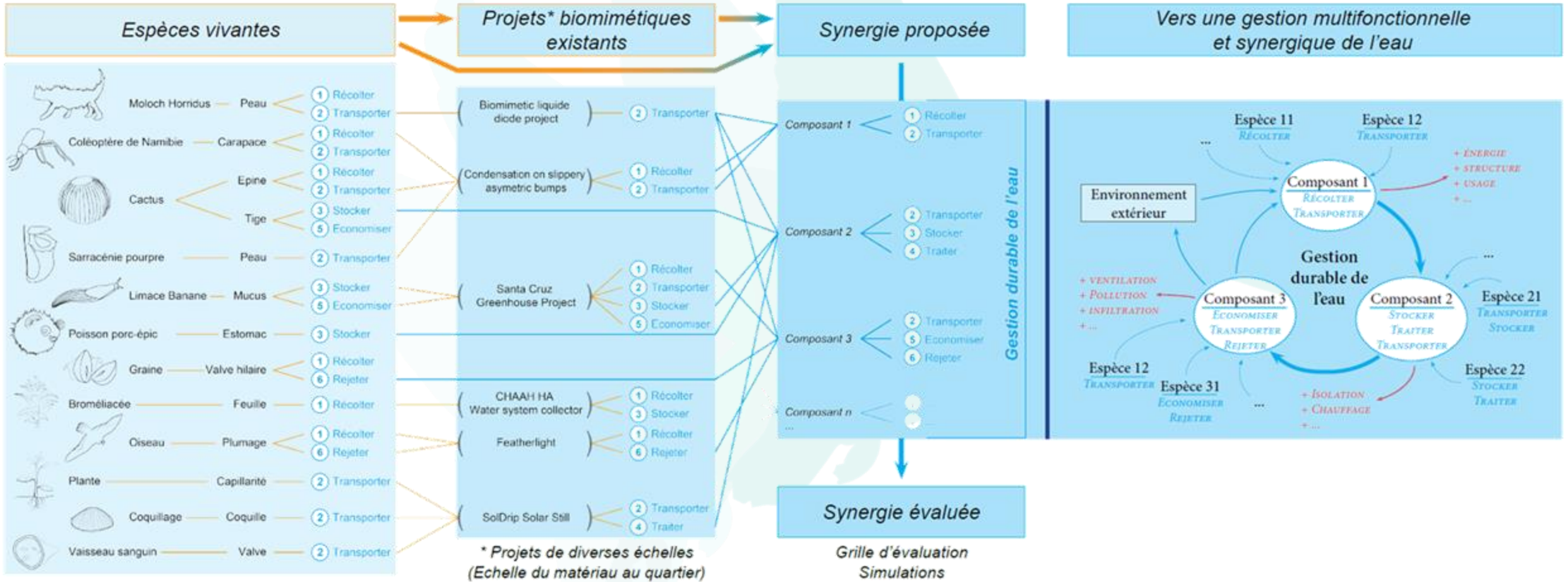
Interactions entre l'écosystème projeté sur le site et l'environnement proche



Combiner les échelles

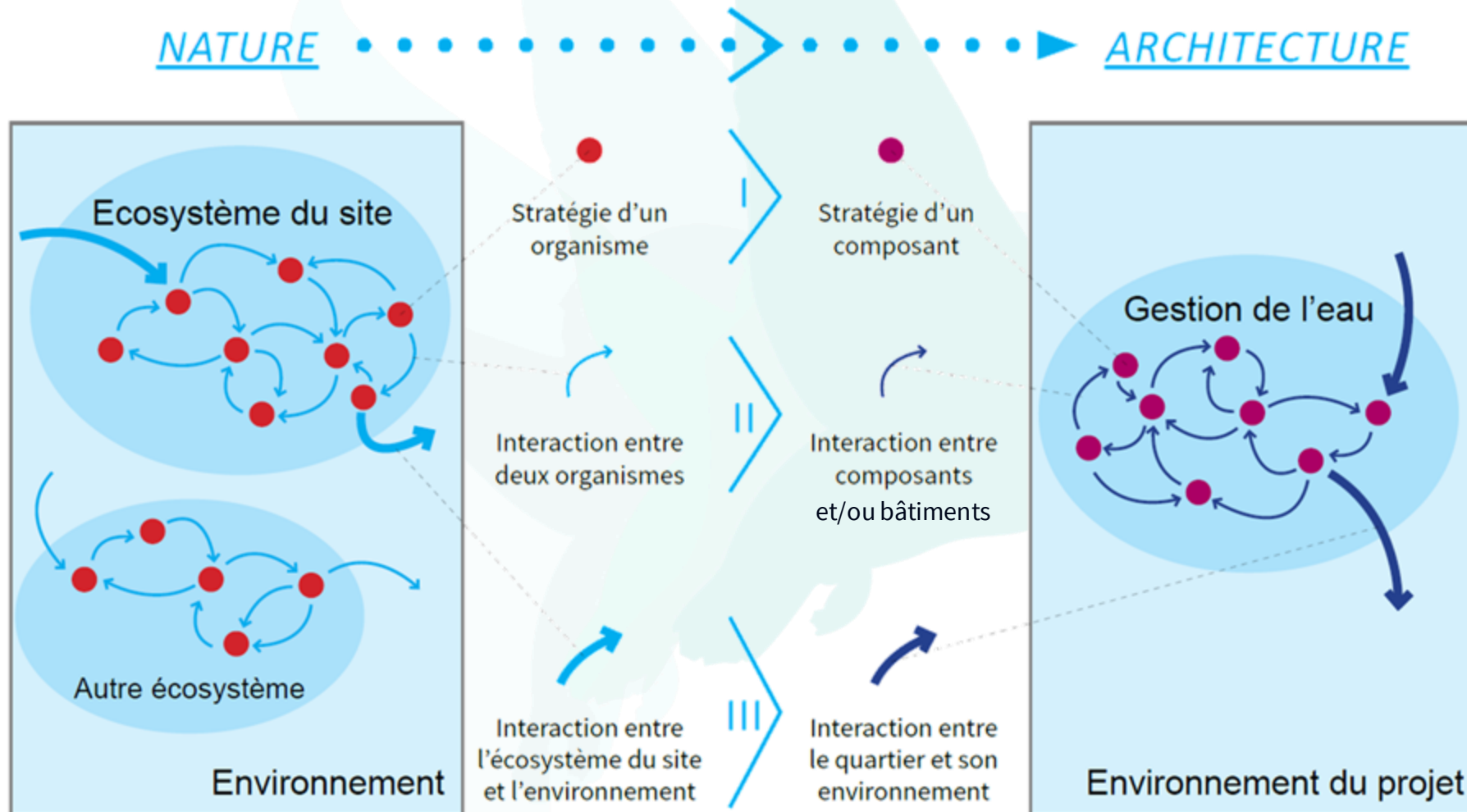


Combiner les stratégies et les échelles



Vers une gestion durable de l'eau

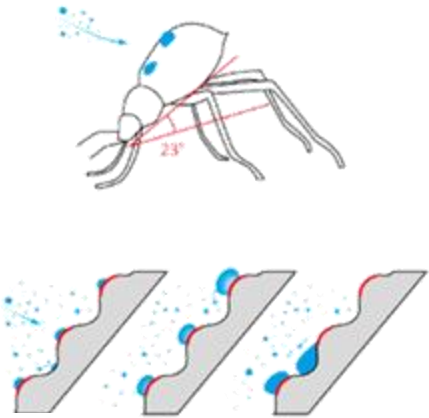
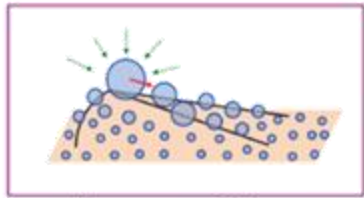
S'inspirer du vivant multi-échelles



Vers une gestion durable de l'eau

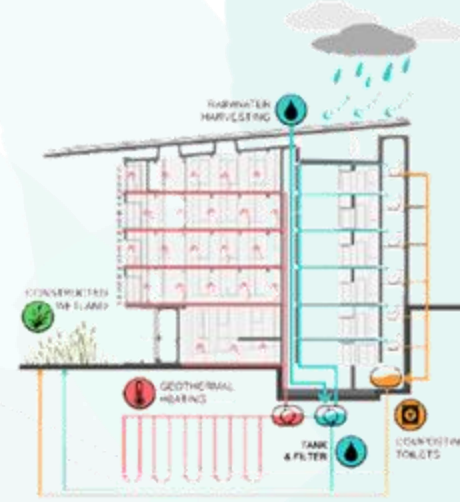
COMPOSANT

Condensation on slippery asymmetric bumps (Park et al., 2016)



BÂTIMENT

Bullitt Center built by Miller Hull Partnership (Seattle, 2013)

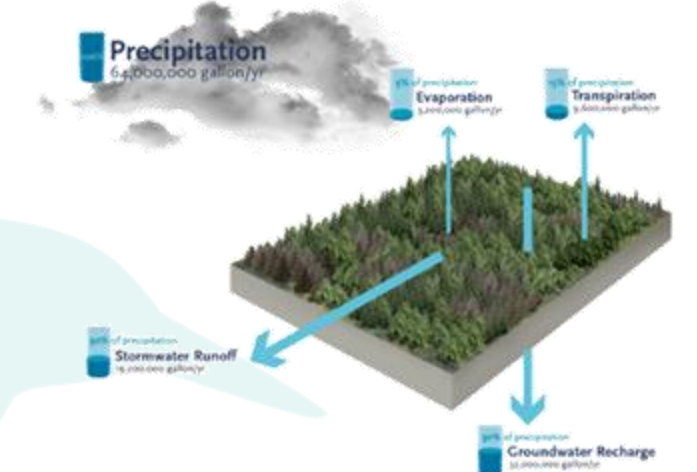


Bullitt Center, Seattle
Water self-sufficient



URBAIN

Lloyd Crossing by Mithun Designers Architects Planners (Portland, 2004)



2050 Per Plan Water Use Conditions



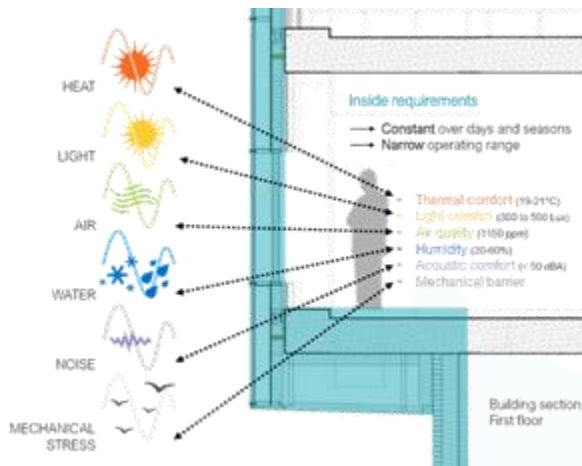


Pour aller plus loin

04



Projets de recherche



Lidia Badarnah

*Towards the LIVING envelope:
Biomimetics for building envelope
adaptation*

Estelle Cruz

*Caractérisation multi-critères des
enveloppes biologiques : vers la
conception de façades multi-fonctionnelles*

Tessa Hubert

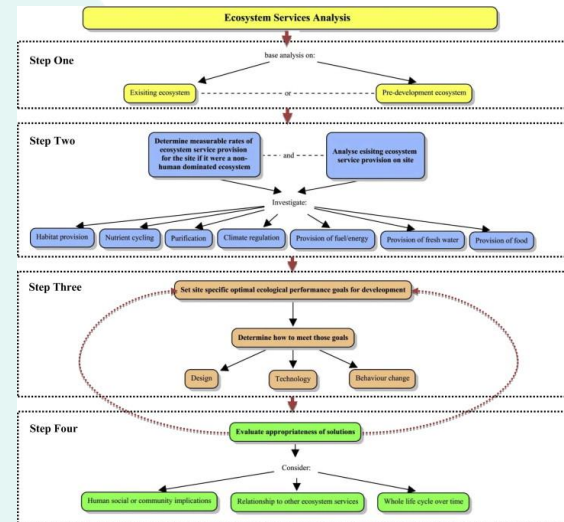
*Bio-inspiration et enveloppe du bâtiment :
proposition d'une méthode de conception
et application expérimentale*

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	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	
		3. Gérer les flux 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	
	Matériaux de construction	7. Promouvoir la circularité des matériaux de construction	7. Indicateur de circularité des matériaux	
		8. Prioriser la rénovation et le réaménagement	8. Taux de rénovation	
		9. Utiliser des matériaux sains	9. Matériaux à faible risque	
	Gaz à effet de serre	10. Réduire l'empreinte carbone	10. Carbone incorporé	
		11. Promouvoir les modes de vie à faibles émissions	11. Bilan annuel des GES	
		12. Réduire l'empreinte carbone	12. Bilan annuel des GES	
	Alimentation	13. Inciter la production alimentaire locale	13. Taux de production alimentaire	
		Pesticides/engrais	14. Minimiser les herbicides (phyto)	14. Engrais et pesticides
			15. Gestion locale des déchets organiques	15. Gestion locale des déchets organiques
	Déchets	16. Gérer durablement les déchets	16. Taux de mise en décharge	
			17. Taux de recyclage	17. Taux de recyclage
			18. Protection des zones sensibles	18. Protection des zones sensibles
Structure urbaine	Structure physique	19. Protéger et restaurer les milieux naturels	19. Restauration écologique	
		20. Réduire l'empreinte au sol	20. Changements topographiques	
		21. Réduire l'empreinte au sol	21. Restauration des sols	
Structure biotique	Réseau écologique	22. Créer de l'habitat naturel	22. Compensation de l'artificialisation	
		23. Améliorer la connectivité du réseau écologique	23. Taux de projet construite sur des zones urbanisées	
		24. Créer de l'habitat naturel	24. Espaces verts urbains	
		25. Facteur de surface des biotopes	25. Facteur de surface des biotopes	
		26. Connaitre les espaces verts à l'échelle de la parcelle	26. Connaitre les espaces verts à l'échelle de la parcelle	

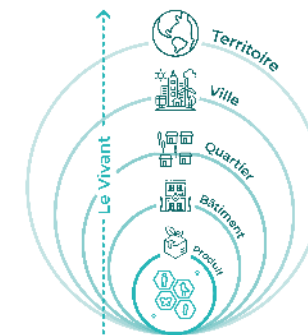
Eduardo Blanco

*Producing benefits for nature and
society: An urban design framework
based on ecosystem-level
biomimicry and regenerative design*



Maibritt Pedersen Zari

*Ecosystem Services Analysis for
the Design of Regenerative
Urban Built Environments*



Pauline Bourré

*Biorégions bio-inspirées, en
quoi le Vivant inspire-t-il
l'approche biorégionale ?*

Façade

Projet urbain

Ecosystème

Territoire





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 :



Membres :



ROUGERIE + TANGRAM



BiOMig

Générateur d'innovations bio-inspirées



MUSÉUM
NAT. HIST.
NATURELLE



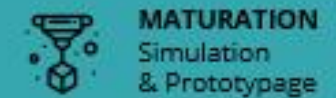
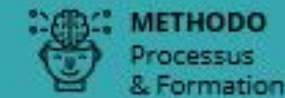
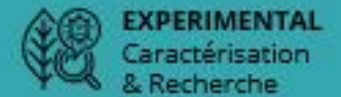
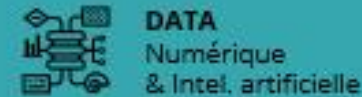
Un consortium multi-sectoriel d'acteurs engagés:



Des projets de R&D sur des thématiques d'intérêt collectif:



Une plateforme d'outils & compétences uniques :



Programme européen Horizon Europe - Marie Skłodowska Curie - bpi france





Merci

Thibaut Houette

Thibaut.houette@ceebios.com

www.ceebios.com

