

A topographic map of the Indian Ocean region, showing the African continent on the left, the Indian subcontinent and Southeast Asia on the right, and the island of Madagascar at the bottom. The map uses a color gradient from green (low elevation) to brown (high elevation) to represent terrain. A semi-transparent white rectangular box is centered over the map, containing the title and subtitle text.

Construire la résilience insulaire réunionnaise : vers une approche systémique et coopérative du bâti dans l’océan Indien

Séminaire sur la Coopération Régionale à La Réunion et dans l’Océan Indien

INTERVENANT

Bruno MALET-DAMOUR, MCF HDR - Université de La Réunion

COMPRENDRE LES ENJEUX

La durabilité et la circularité au cœur de la construction à La Réunion

1. FAIRE DE LA CONSTRUCTION DURABLE : COMPRENDRE LA DURABILITÉ

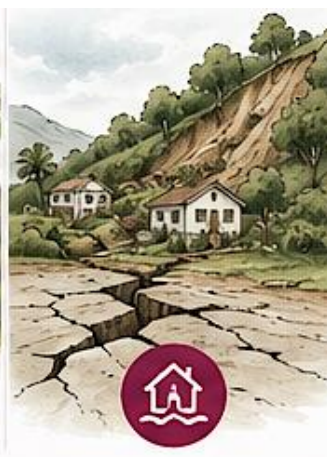
Durabilité temporelle : être performant **aujourd'hui, demain** et **après-demain**

FACE AUX RISQUES MAJEURS

MÉTÉO



SÉISME /
GLISSEMENT DE
TERRAIN



ÉCONOMIQUE



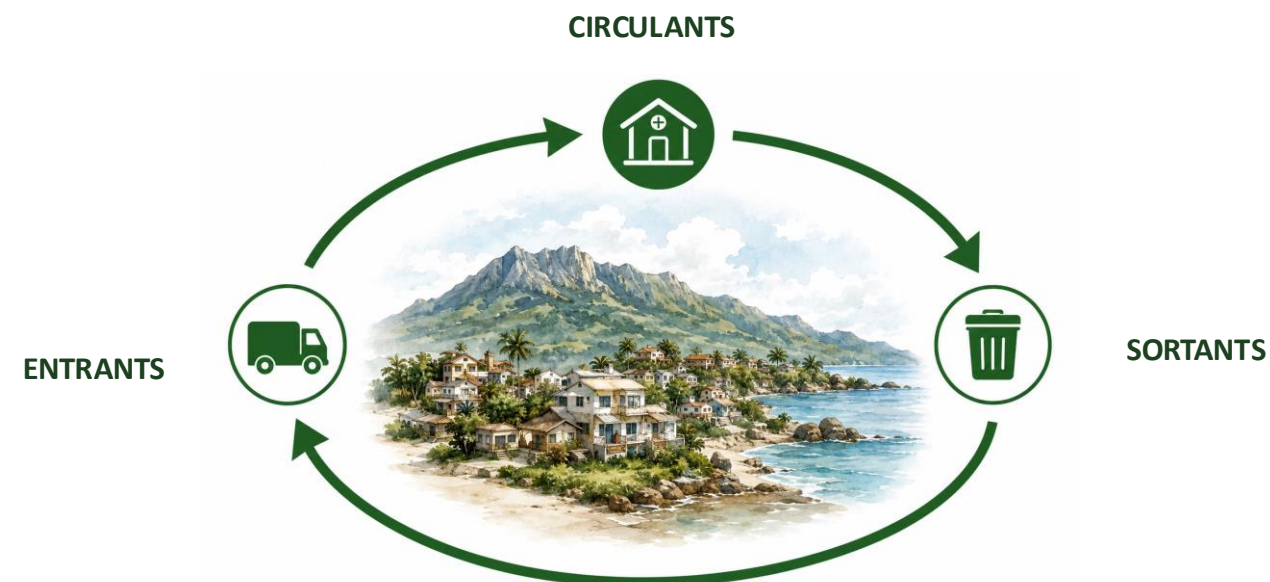
PERTE D'INGÉNIERIE DU
« BONS SENS »



La durabilité, c'est concevoir pour résister aux chocs, s'adapter aux changements et préserver nos capacités d'agir.

2. POUR FAIRE DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE : CHANGER DE PRISME

Identifier nos flux : pour décider ici, avant de subir demain



Sur les entrants :

Existe-t-il une solution alternative locale?



Sur les sortants :

Existe-t-il une solution de recyclage/revalorisation avant d'envisager son départ de l'île?

CHANGER DE PRISME :

INSULAR MINDSET



Dans un scénario d'autonomie et de souveraineté :
que faut-il développer?

COMPRENDRE LES ENJEUX

La durabilité et la circularité au cœur de la construction à La Réunion

3. ACCOMPAGNER L'INDUSTRIE VERS LA DURABILITÉ ET LA CIRCULARITÉ

Créer les conditions pour transformer durablement notre territoire



FACILITATION

Simplifier, coordonner, lever les freins, partager les bonnes pratiques

+



RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

Innover avec nos ressources, tester, valider, améliorer pour le contexte tropical

+



CONNEXION D'ACTEURS

Collectivités, chercheurs, entreprises, artisans, usagers : tous contributeurs



COMPRENDRE POUR AGIR, AGIR POUR DURER : UNE CONSTRUCTION ANCRÉE DANS SON TERRITOIRE.

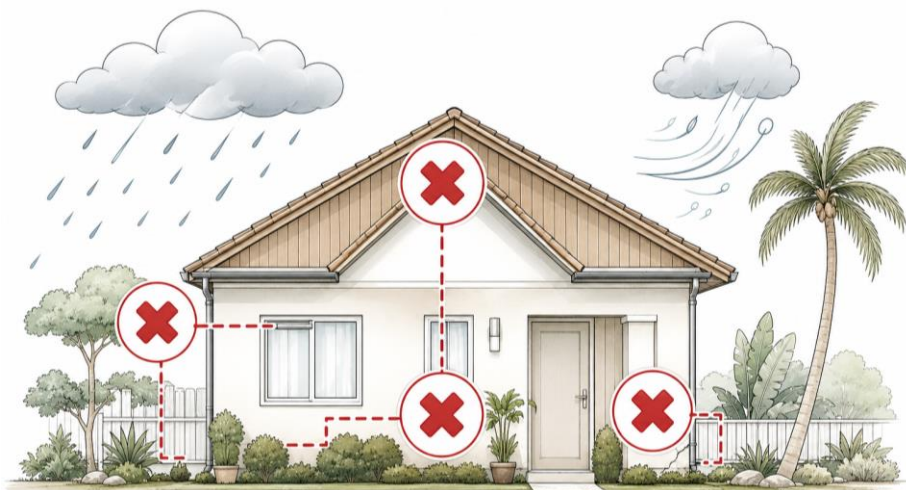


APPROCHE SYSTÉMIQUE PLUTÔT QUE RÉDUCTIONNISTE

De la logique de la « rustine » à la logique de « l'ossature »

APPROCHE RÉDUCTIONNISTE = LOGIQUE « RUSTINE »

Fondée sur les corrections locales



-  Traite les symptômes, pas les causes
-  Solutions déconnectées et ponctuelles
-  Transfère les problèmes ailleurs
-  **Résultat** : performance moyenne et fragile



On répare, on ajuste, mais le système reste vulnérable

VS

APPROCHE SYSTÉMIQUE = LOGIQUE « OSSATURE »

Fondée sur les corrections locales



-  Agit sur les causes et les interactions
-  Vision globale et cohérente
-  Solutions durables et adaptatives
-  **Résultat** : performance robuste et résiliente

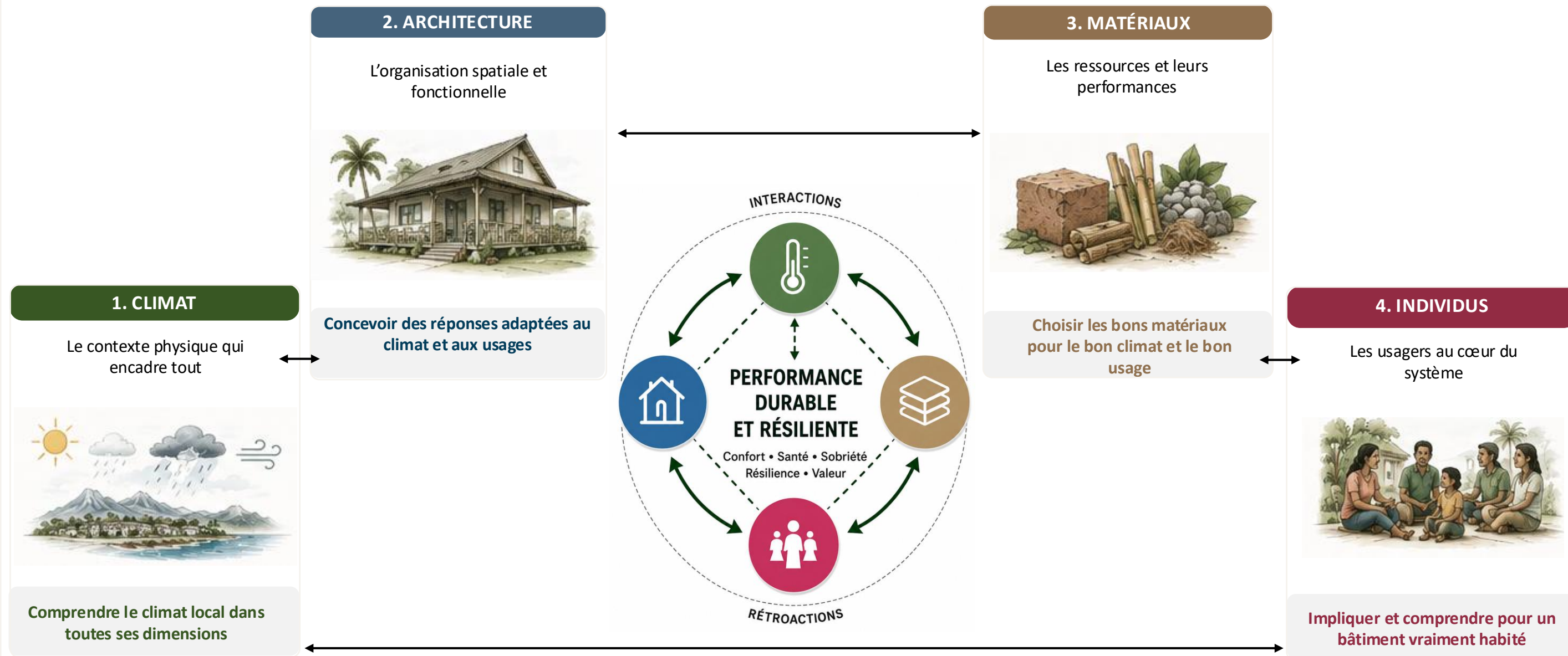


On conçoit le système pour qu'il soit performant, durable et résilient

APPROCHE SYSTÉMIQUE PLUTÔT QUE RÉDUCTIONNISTE

De la logique de la « rustine » à la logique de « l'ossature »

POUR LA CONSTRUCTION DURABLE : 4 BLOCS À TRAITER EN TOTAL INTERACTION



LA PERFORMANCE ÉMERGE DE L'INTERACTION DES 4 BLOCS, PAS DE LA PERFECTION D'UN SEUL

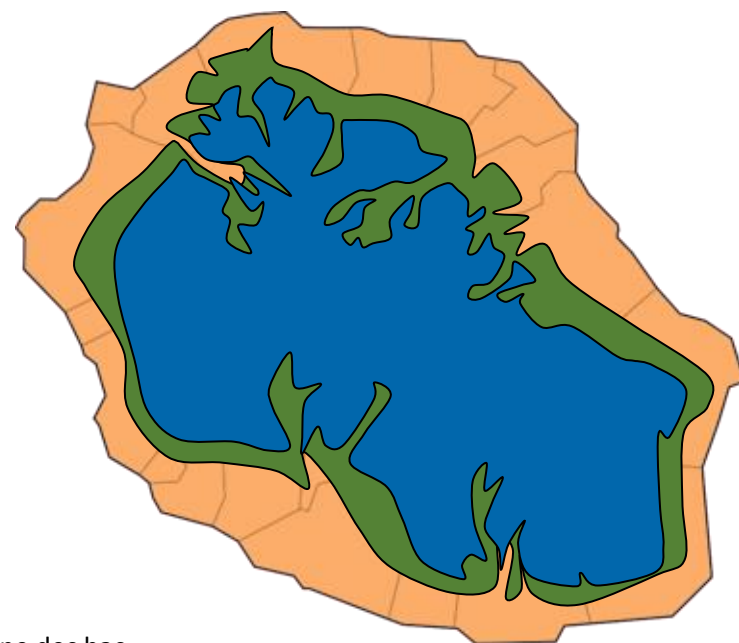


Travailler systémique, c'est construire aujourd'hui un territoire résilient pour demain



**APPROCHE ACTUELLE RÉGLEMENTAIRE :
3 ZONES CLIMATIQUES**

RTAADOM



- Zone 1 : zone des bas
- Zone 2 : zone des hauts
- Zone 3 : zone de haute altitude

**La simplicité ne doit pas sacrifier l'adaptation et donc la performance !****APPROCHE MICRO-CLIMATIQUE :
UNE LECTURE FINE ET TERRITORIALISÉE**

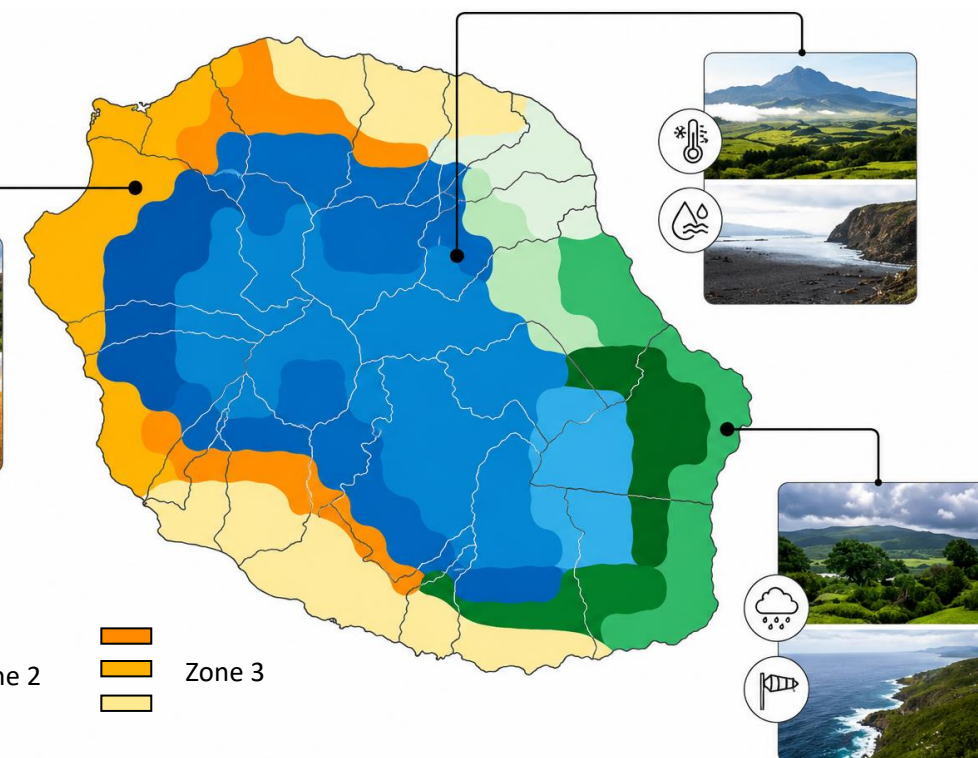
OBSERVATION



14,9°C → 23,1°C :
+8°C
d'écart moyen



49 % → 95 % :
+45
points d'humidité



- | | | |
|--|--|--|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
- Zone 1 Zone 2 Zone 3

**Accepter la diversité constructive pour des bâtiments adaptés à leur microclimat et non des conceptions « moyennes »**

CLIMAT

Un bâtiment ne peut pas être performant si son cadre urbain l'en empêche

PROBLÉMATIQUE : DES VISIONS DÉCONNECTÉES

→ INJONCTIONS CONTRADICTOIRES

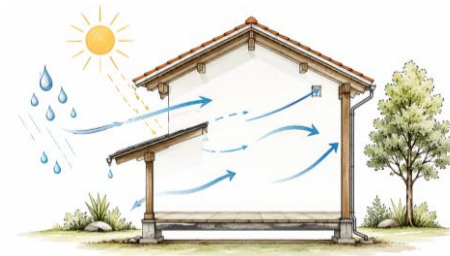
PLU

LOGIQUE FORMELLE, URBAINE ET
PATRIMOCIALE



RT/RE

LOGIQUE PHYSIQUE, ÉNERGÉTIQUE,
ENVIRONNEMENTALE

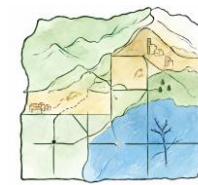


Peu ou pas
d'articulation



SOLUTION

→ UNE COHÉRENCE SYSTÉMIQUE MULTI-ÉCHELLE



MICROZONAGE
CLIMATIQUE



INTÉGRATION DU CLIMAT
DANS LES PLU



COMMUNICATION DES
STRATES
RÉGLEMENTAIRES



RÈGLES DIFFÉRENCIÉES PAR ZONE POUR UNE ADAPTATION
RÉELLE

COOPERATION



Madagascar



Australie



DU GLOBAL AU LOCAL → ADAPTER LES RÈGLES À LA RÉALITÉ DES TERRITOIRES



ÉCHELLE RÉGIONALE
(Orientations générales)



ÉCHELLE TERRITORIALE
(Microzones climatiques)



ÉCHELLE URBAINE
(Quartiers / Morphologie urbaine)



ÉCHELLE BÂTIMENT
(Conception adaptée)



MICROCLIMATS = RÈGLES DIFFÉRENCIÉES
POUR UNE ADAPTATION PAR ZONE

Moins de normes uniformes, plus de
performance réelle.

ARCHITECTURE CLIMATIQUE

Concevoir avec le climat, pas contre lui

NOTRE HÉRITAGE

La **case créole** : identité forte, mais marquée par l'influence européenne (climats continental et tempéré)



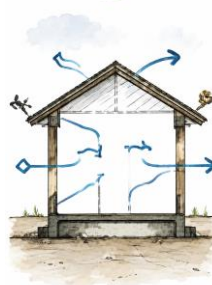
Recherche d'une signature architecturale, souvent éloignée des logiques climatiques tropicales

LES INVARIANTS MORPHO-TECHNIQUES TROPICAUX



PILOTIS

Ventilation naturelle, protection des inondations



VENTILATION TRAVERSANTE

Confort thermique sans énergie



PROTECTIONS SOLAIRES

Débord de toiture, varangue, casquette, ...



VÉGÉTATION DENSE

Ombrage, fraîcheur, régulation hygrothermique



FORMES ADAPTÉES

Formes circulaires ou polygonales, toitures à forte pente

Ces invariants sont des réponses climatiques, pas des choix esthétiques

DES DISCORDANCES QUI PEUVENT LIMITER LA PERFORMANCE



STANDARDISATION DES PLU

Des règles qui peuvent interdire des solutions adaptées (ex. : pilotis refusés dans certaines communes)

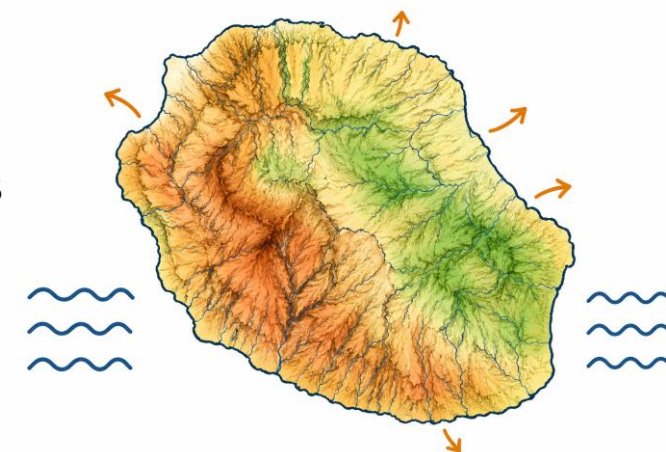


REFUSÉ



RTAADOM : DES RÈGLES COMMUNES À DES CLIMATS DIFFÉRENTS

Ex. : littoral Est = littoral Ouest?



Concevoir sans tenir compte du climat réel, c'est renoncer à la performance

ARCHITECTURE CLIMATIQUE

Concevoir avec le climat, pas contre lui

APPROCHE BIOCLIMATIQUE → UN PREMIER PAS... MAIS INSUFFISANT

On récupère souvent ce qui marche...



... sans vraiment l'accorder au climat associé et aux ressources locales



Résultat :
Des bâtiments « moyens »



POUR ALLER PLUS LOIN



Une approche systémique :
climat + architecture + matériaux + usages



L'architecture climatique n'est efficace que si elle est cohérente avec le climat et les matériaux

CONCEVOIR AVEC LE CLIMAT DU LIEU



MICROCLIMAT
LOCAL



SITE ET
CONTEXTE



ARCHITECTURE
ADAPTÉE



PERFORMANCE
DURABLE



COOPERATION



Madagascar



Australie



Indonésie



Inde



L'architecture climatique, c'est l'art de mettre en accord le bâti avec son climat, son lieu et ses ressources

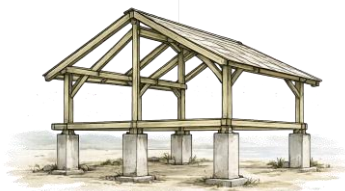
MATÉRIAUX

Doit être climatique, avant d'être normatif

3 FAMILLES DE MATÉRIAUX, 3 FONCTIONS CLÉS

1. STRUCTURE

Assurer la stabilité et la résistance



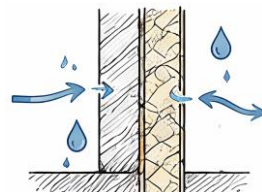
2. ENVELOPPE

Protéger des agressions extérieures



3. RÉGULATION

Gérer les échanges hygrothermiques



PRINCIPE FONDAMENTAL



Un matériau performant doit répondre d'abord au **CLIMAT** avant de répondre à une **NORME**

ENVELOPPE/STRUCTURE : MURS ET FAÇADES

MATÉRIAUX COURAMMENT UTILISÉS MAIS INADAPTÉS

BÉTON



Forte inertie : stocke la chaleur
Matériau peu hygroscopique
Inconfort en climat tropical

BOIS



Bonne isolation thermique
Mais, durabilité limitée : grisaillement, fissuration, attaques biologiques

ALTERNATIVES LOCALES ET ADAPTÉES

TERRE (BTC)



1^{ère} estimation :
5000 logements/an

Ressource locale abondante
Forte régulation de l'humidité
Faible inertie : confort d'été
Haut potentiel de circularité

BAMBOU



Faible inertie
Bonne durabilité (ex. Indonésie)
Ressource renouvelable
Esthétique et ventilation naturelle

MATÉRIAUX

Doit être climatique, avant d'être normatif

REGULATION : ISOLANTS ET INTERFACES

MATÉRIAU IMPORTÉ INADAPTÉ

Laine de verre



Absorbe l'humidité
Affaissement progressif
Performance dégradée
Recours à la climatisation
Surconsommation énergétique

ALTERNATIVE LOCALE PERFORMANTE

Déchet de plastique en vrac



Nettoyage, broyage, sélection des tailles (pas de tri)
Regonflement au séchage
= résilience à l'humidité
Solution locale, peu coûteuse, circulaire
Stade : R&D

+



DISPONIBILITÉ

Ce que l'on a, en quantité et localement

+



FAISABILITÉ

Ce que l'on peut transformer, produire, mettre en œuvre

+



PERFORMANCE

Ce qui est performant (hygrothermique, mécanique, durabilité, écologique)

+



ACCEPTABILITÉ

Ce qui est acceptable (certification, normes, assurabilité, marché)

=



DES MATÉRIAUX ADAPTÉS AU CLIMAT ET AUX USAGES LOCAUX

Pour des bâtiments sobres, durables et résilients

COOPERATION



Mayotte



Maurice



Madagascar



Indonésie



DE LA RESSOURCES À LA FILIÈRE

Une ressource locale ne devient stratégique que lorsqu'elle devient une filière

1. CONNAÎTRE LES RESSOURCES : 1^{ER} VERROU À LEVER



VERROU N°1

Absence d'état des lieux

MATÉRIAUTHÈQUE RÉGIONALE

Plus de 50 matières déjà identifiées



TERRE



SCORIE



BAGASSE



VÉTIVER



PLASTIQUE



COQUILLE D'ŒUF



BAMBOU



FIBRE DE COCO



VERRE

...

...



Des ressources **biosourcées**,
géosourcées, **recyclées** sont
disponibles sur le territoire
réunionnais

CONTEXTUALISER : TOUTES LES MATIÈRES NE SONT PAS PERTINENTES PARTOUT

3 scénarios pour 3 trajectoires possibles



AUTONOMIE

Indépendance
et valorisation locale



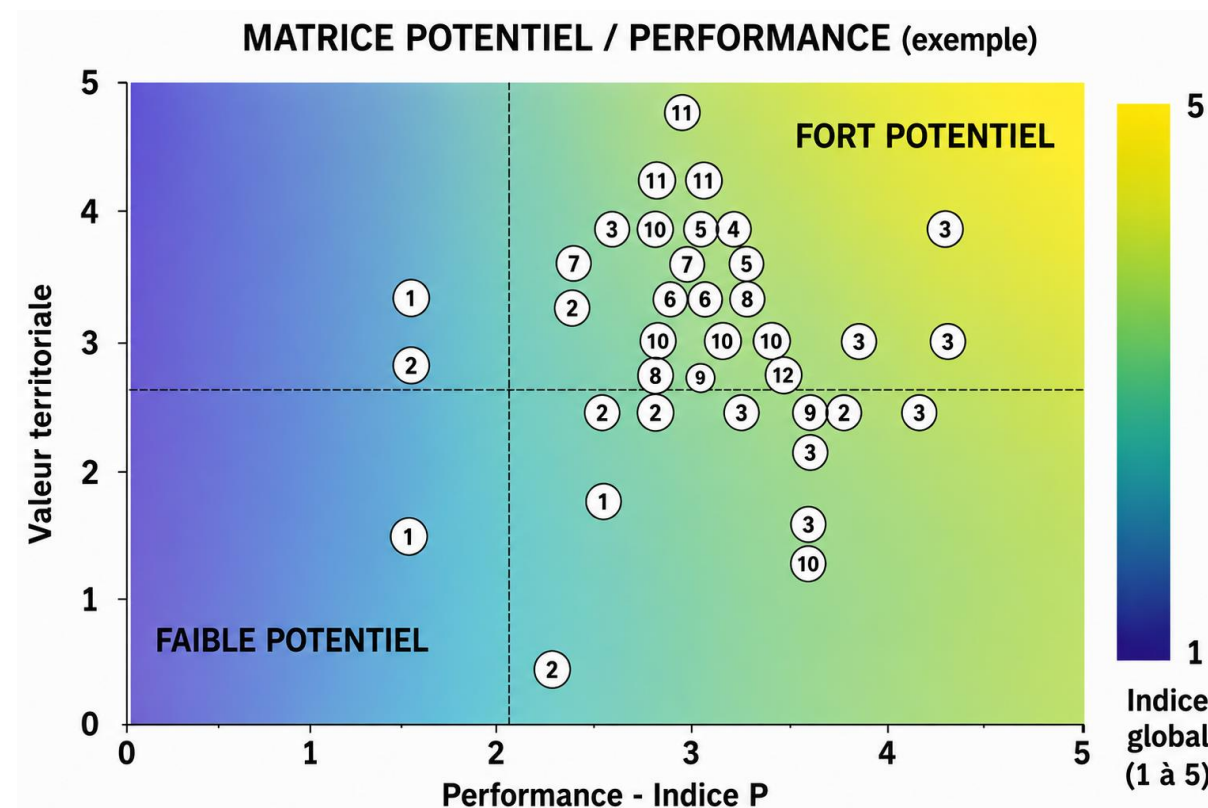
RÉSILIENCE

Robustesse face aux
aléas et aux crises



SOBRIÉTÉ

Limiter les impacts
et les consommations



Nos indicateurs mettent en
avant, selon le scénario, les
matières qui **s'imposent...**



... et celles qui **s'effacent**.



Une approche adaptée aux
contextes du territoire.

DE LA RESSOURCES À LA FILIÈRE

Une ressource locale ne devient stratégique que lorsqu'elle devient une filière

2. UNE CERTIFICATION INADAPTÉE AU CLIMAT TROPICAL



VERROU N°2

Certification inadaptée

PROBLÉMATIQUE

La certification dit « oui » ou « non » mais à quel coût pour développer le produit? Est-elle vraiment adaptée à notre climat?

EXEMPLE : ACERMI (pour les isolants)

Protocole de certification basé sur des conditions de laboratoire standardisés



LA SOLUTION : ADOSSER AU CADRE EXISTANT UNE PREUVE D'APTITUDE AU CLIMAT ULTRAMARIN

Un marquage RUP pour valoriser les matériaux locaux et régionaux

DEUX APPROCHES, UNE MÊME FINALITÉ : LA SÉCURITÉ

	APPROCHE CE (ACERMI)	APPROCHE AFRIQUE DU SUD (AGRÉMENT SA)
Objectif	Propriété matériau	Aptitude à l'usage
Évaluation	À unique normalisé	Performance contextualisée
Cadre	Norme stricte	Approche adaptable
Résultat	Comparabilité	Pertinence locale



OUVRIR L'ACCÈS AU MARCHÉ DES SOLUTIONS NON NORMÉES EN ADAPTANT LE NIVEAU DE PREUVE AUX RISQUES.

CERTIFIER PERFORMANT POUR QUEL CLIMAT ?



23 °C



50 %



À LA RÉUNION, OÙ AVONS-NOUS 23 °C ET 50 % HR ?

INSPIRATION :
AFRIQUE DU SUD
(FITNESS FOR PURPOSE)



COOPERATION



Afrique du Sud



DU POTENTIEL À LA FILIÈRE

LA MASSIFICATION ENGENDRE UNE BAISSÉ DES COÛTS ET RENFORCE LA COMPÉTITIVITÉ



Ressource



Démonstrateur



Certification adaptée



Industrialisation Massification



Filière compétitive

ÉMERGENCE DU RUP

Une certification à différents niveaux pour des produits adaptés aux climats... et aux marchés

EXEMPLE : LES ISOLANTS

NIVEAU 1 RÉFÉRENCE UNIVERSELLE (INCHANGÉ)

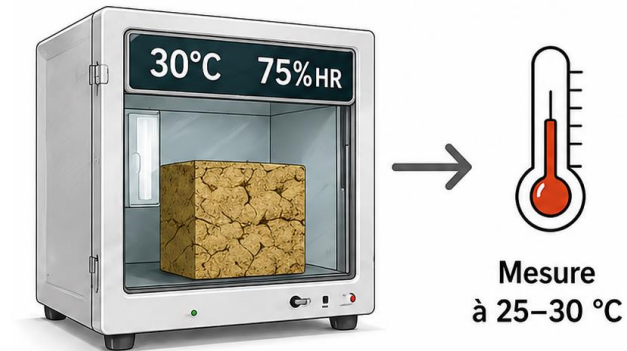
-  λ_D selon ACERMI
-  Conditionnement : 23 °C / 50 % HR
-  Mesure ramenée à 10 °C



COMPARABILITÉ INTERNATIONALE / MARCHÉ

NIVEAU 2 EXTENSION RUP CLIMAT HUMIDE

-  Conditionnement : 30 °C / 75 % HR
-  Mesure : λ à 25 – 30 °C



ON OBTIENT : λ_{RUP}

- ✓ C'est pertinent physiquement
- ✓ C'est défendable scientifiquement
- ✓ C'est directement utile pour la conception



UNE RÉFÉRENCE ADAPTÉE AU CLIMAT TROPICAL HUMIDE

NIVEAU 3 APTITUDE À L'USAGE

Inspiré de Agrement South Africa

-  Démonstration de performance dans un système
-  Prise en compte du climat réel
-  Prise en compte de la mise en œuvre
-  Prise en compte du vieillissement



VALIDATION TERRAIN / SIMULATION HYGROTHERMIQUE

ÉMERGENCE DU RUP

Une certification à différents niveaux pour des produits adaptés aux climats... et aux marchés

INTÉRÊT DE L'APPROCHE À 3 NIVEAUX



DES RETOMBÉES ÉCONOMIQUES ET TERRITORIALES MAJEURES



Valorisation des ressources locales et régionales



Structuration de filières et création d'emplois



Baisse des coûts grâce à la massification



Réduction de l'empreinte carbone et des importations



Résilience du territoire face au climat



DES MATÉRIAUX ADAPTÉS AU TERRITOIRE,
TANT EN RESSOURCES QU'EN RÉSILIENCE
CLIMATIQUE

INDIVIDUS : variable performancielle

Concevoir pour les usages réels, pas seulement pour les normes

L'USAGE, UN FACTEUR DÉTERMINANT

L'usage peut expliquer

30 à 80%
des écarts de consommation
énergétique d'un bâtiment



Comportement des occupants lié au **ressenti**

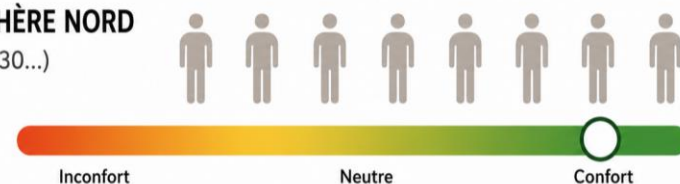
Plus déterminant que le climat ou les caractéristiques techniques

PROBLÉMATIQUE : DES RÉFÉRENTIELS INADAPTÉS

À La Réunion, les bâtiments sont conçus avec des indicateurs issus de l'**hémisphère Nord**

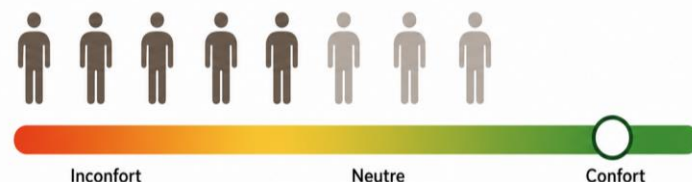
RÉFÉRENTIELS DE L'HÉMISSPHÈRE NORD

(ex. PMV/PPD, EN 16798, ISO 7730...)



RÉALITÉ À LA RÉUNION

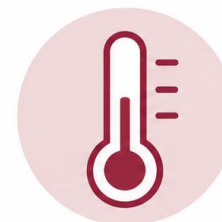
(mêmes indicateurs)



**DES INDICATEURS ADAPTÉS AUX RÉALITÉS TROPICALES POUR ÉVALUER LE CONFORT
RÉEL DES OCCUPANTS**

COMPRENDRE POUR CONCEVOIR LE CONFORT PLEIN ET ENTIER

L'intégration d'outils et indicateurs permettant de refléter la perception et le comportement est essentielle.



PARAMÈTRES ENVIRONNEMENTAUX

Température, humidité,
vitesse d'air, lumière...



PERCEPTION SUBJECTIVE

Ressenti thermique,
préférences,
acceptabilité...



COMPOURTEMENT ADAPTATIF

Ouverture des fenêtres,
vêture, ventilateurs,
usage des protections...



CONFORT GLOBAL

Physique, mental
et social

**DES INDICATEURS ADAPTÉS AUX RÉALITÉS TROPICALES POUR ÉVALUER LE CONFORT RÉEL DES
OCCUPANTS**



PITAYA

Développer des indicateurs adaptés à notre population

- ↳ Mesurer ce qui compte pour les occupants tropicaux
- ↳ Intégrer culture, usages et résilience dans l'évaluation du confort
- ↳ Créer des référentiels pertinents, robustes et partageables

COOPERATION



Afrique du Sud



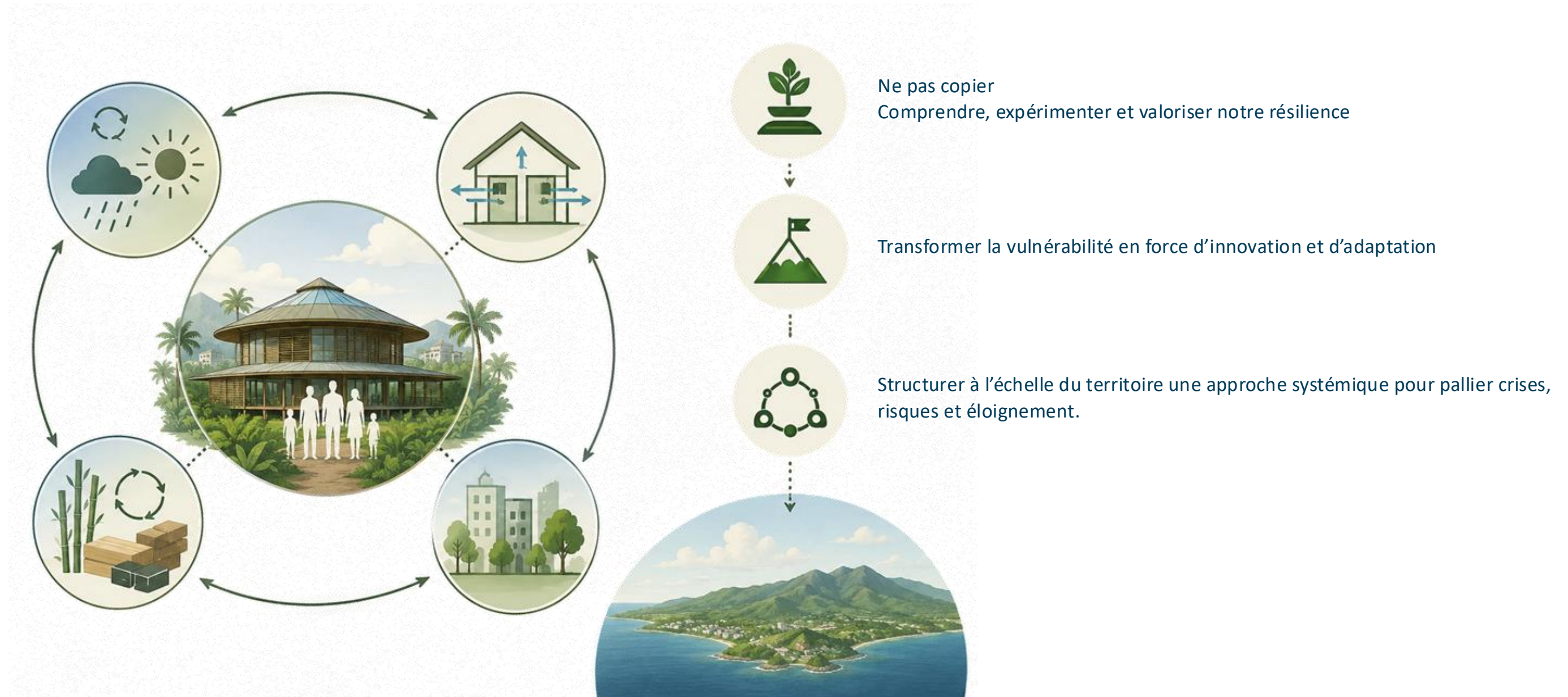
Italie



**CONCEVOIR POUR LES GENS, AVEC LES GENS, SUR NOS TERRITOIRES :
C'EST LA CLÉ D'UN BÂTI DURABLE ET RÉSILIENT**

COLLABORATIONS

Se connecter, collaborer, s'inspirer et inspirer



LA PERFORMANCE ÉMERGE DE L'INTERACTION DES COMPOSANTES DU SYSTÈME
AVEC L'HUMAIN AU CŒUR



MERCI