

BioRevTropics

Le recours aux matériaux locaux par la construction en milieu tropical

• Végétal vivant intégré ou à proximité du bâti • Cryptoméria • Goyavier • Vétiver • Tamarin • Bambous • Palmes • Vacoa • Aloes • Choca • Bois de couleurs des Bas • Bagasse • Fibres de coco • Déchets verts paysages • Déchets ananas • Palettes • Copeaux de bois • Papier, carton • Déchets textiles • Scories • Basalte • Terre crue • Verre • Plastiques • Pneus • Déchets de chantier • Container

MATÉRIAUX LOCAUX pour LE BÂTI TROPICAL à La RÉUNION:

diagnostic et ressources
mobilisables



nomadéis

BioBuild Concept



Dieccte
RÉUNION







Nomadéis (concepteur du projet Biorev'Tropics)



Equipe projet :

Nicolas DUTREIX, Directeur Associé, Nomadéis – nicolas.dutreix@nomadeis.com

Cédric BAECHER, Directeur Associé, Nomadéis – cedric.baecher@nomadeis.com

Fanny SOHUI, Chef de projet, Nomadéis

Théo LACOSTE, Consultant, Nomadéis

4, rue Francisque Sarcey • 75116 Paris

Tél. : +33 (0)1 45 24 31 44

www.nomadeis.com



BioBuild Concept

Bernard BOYEUX, Directeur, BioBuild Concept – bernard.boyeux@wanadoo.fr



Laboratoire d'Ecologie Urbaine La Réunion

Antoine PERRAU, Cogérant – ap@labreunion.fr

Michel RAYNAUD, Cogérant

Aurore BLANLOT, Chef de projet

Clara SAUTRON, Ingénieur



Dieccte

RÉUNION

Direction des Entreprises, de la Concurrence, de la Consommation, du Travail et de l'Emploi de La Réunion (cofinancier)

Ministère de l'Économie

Sylvie GUILLERY Directrice – sylvie.guillery@dieccte.gouv.fr

Dorothee BAREL, Directrice Adjointe du Travail - dorothee.barel@dieccte.gouv.fr

Lydie POUSSEAU, Chargée de mission

Daniel CHAN-TAVE, Chef de mission



CAUE La Réunion

Catherine MOREL, Directrice – communication@caue974.com

Cédric LEGROS, Chargé d'étude

Fatéma MAYET, Architecte

Les auteurs tiennent à remercier le collectif BioRev'Tropics, qui a largement contribué à la réalisation de ce projet, la DIECCTE pour son soutien financier et le CAUE La Réunion pour son accueil.



BioBuild Concept



BioRev'Tropics

Le recours aux matériaux locaux par la construction en milieu tropical

Rapport final

**Réflexion - mise réseau - projets - financements autour des
ressources et matériaux locaux valorisables pour la
construction en milieu tropical**



Table des matières

Table des matières.....	4
I. Le secteur de la construction à La Réunion : état des lieux économique, environnemental et social.....	6
A. Un secteur de la construction qui ne parvient pas à stimuler le développement de l'économie locale	6
• L'importation des matériaux et son coût économique pour La Réunion	6
• Le recours aux matériaux locaux comme moyen de création de valeur économique :	7
B. Les pratiques constructives actuelles sont source de nuisance pour l'environnement global et local :	8
• Un secteur d'activité à fort impact carbone :	8
• La massification et l'étalement urbain constituent une menace pour la très riche biodiversité insulaire :	8
C. Un secteur de la construction qui ne répond pas totalement aux attentes de la société réunionnaise en matière de durabilité et de préservation de son patrimoine :	9
• Des attentes fortes en matière de confort thermique des bâtiments :	9
• Un secteur de la construction dont les externalités négatives peuvent nuire à la qualité de vie des Réunionnais :	10
II. Présentation du projet	12
III. Périmètre du projet.....	14
A. Définition du périmètre « amont » (les matières premières) du projet :	14
B. Définition du périmètre « aval » (les grandes familles d'application) du projet :	18
IV. Diagnostic partagé	19
A. Recherche et développement en matière de matériaux et de principes réglementaires innovants	19
• Les filières du bâti tropical au cœur de projets techniques et scientifiques en lien avec la construction dont l'accès final au marché demeure encore peu effectif :	19
• L'innovation et l'adaptation en matière réglementaire pour favoriser un recours accru au bâti tropical :	22
• Passage en revue des règles pour l'assurance de matériaux innovants, préalable à leur mise sur le marché :	23
• Focus sur un matériau innovant : le matériau végétal vivant :	26
B. Bâti tropical et évolutions du comportement et des usages :	28
• Le recours aux techniques du bâti tropical pour une atteinte du confort hygrothermique sans impact carbone :	28
• La massification de la rénovation comme moyen pour lutter contre la précarité énergétique et l'effet d'étau engendré par un bâti inadapté et peu performant :	32
• Le renforcement du lien entre générations par la transmission des savoirs et savoir-faire : enjeux sociaux et techniques autour de la formalisation des savoirs traditionnels.....	34



- Favoriser l’insertion sociale et stimuler le développement des filières du bâti tropical en proposant à des personnes pauvres ou isolées des postes sur des maillons clés de la chaîne de valeur :35
- C. Adaptations et impacts du recours au bâti tropical sur les emplois, les compétences et la formation : 36
 - Une offre de formations initiales et continues riche mais encore insuffisamment intégrée à une approche globale autour du bâti tropical : 36
 - Une meilleure identification des besoins des entreprises pour cibler les métiers et compétences manquants : 39
 - Un écosystème d’acteurs du bâtiment qui doit être davantage structuré et organisé pour répondre aux défis de la transition vers le bâti tropical : 40
- D. Bâti tropical et nouvelles perspectives à l’export : 42
 - L’identification et la connaissance des acteurs clés à solliciter comme préalable des démarches des entreprise : 42
 - La présentation d’une offre collective et identifiable sur le thème du bâti tropical est une condition de la réussite de La Réunion à l’export : 43
- V. Annexes 45
 - A. Plan d’actions : 46
 - B. Bibliographie : 50



I. Le secteur de la construction à La Réunion : état des lieux économique, environnemental et social

Les impacts socio-économiques et environnementaux du secteur de la construction doivent être considérés à l'aune des **spécificités du territoire étudié**. Ainsi, les enjeux relatifs à la construction et à la rénovation sur l'île de La Réunion, région française de la zone tropicale humide au Sud-Ouest de l'Océan Indien, sont différents de ceux de territoires métropolitains continentaux baignant dans un climat tempéré. Le caractère **insulaire est certes un facteur déterminant**, mais d'autres paramètres liés aux **contraintes naturelles ainsi qu'au contexte économique et social** doivent également être pris en compte si l'on cherche à correctement mesurer les impacts évoqués précédemment.

L'île de La Réunion est **importatrice nette en matériaux de construction**, ce qui a des conséquences sur les plans économique, environnemental, et social. Cette dépendance vis-à-vis des matériaux importés est à considérer dans un contexte de **forte demande en constructions neuves et en rénovations**. Cette demande est d'ailleurs amenée à **croître dans les années à venir**, en lien avec l'accélération de la croissance démographique que prévoit l'INSEE¹ : une augmentation de 28 % de la population entre 2013 et 2050 est envisagée selon l'institut. **L'accentuation de la pression foncière** liée à une demande élevée, elle-même corrélée à une faible surface constructible déjà fortement sollicitée, va donc s'exercer.

A. Un secteur de la construction qui ne parvient pas à stimuler le développement de l'économie locale

- **L'importation des matériaux de construction et son coût économique pour La Réunion**

Les matériaux de construction importés sont **plus onéreux** à l'achat à La Réunion qu'en métropole (d'environ 35 % selon une estimation²). Mécaniquement, un prix d'achat plus élevé des matériaux entraîne une **augmentation significative du prix de la construction** dans la mesure où l'achat des matériaux et leur assemblage constituent l'un des postes les plus importants dans l'enveloppe globale du prix d'une construction neuve. Considérant l'ensemble des biens de consommation, le coût de la vie est supérieur d'environ 7 % à La Réunion par rapport à la métropole³. Le taux de chômage y est aussi plus élevé, s'étant établi autour de 23 % en 2018 (INSEE). C'est donc dans un **contexte économique tendu en termes de pouvoir d'achat** que le secteur de la construction cherche à se structurer pour répondre à une demande élevée, sans y parvenir totalement : alors que le besoin annuel est estimé entre 10 000 et 11 000 logements, l'offre actuelle ne s'élève qu'à 7500 logements⁴ neufs construits par an. Les contraintes économiques en lien avec un pouvoir d'achat limité et le prix élevé du foncier ont des conséquences sur le **choix**

¹ *La population réunionnaise à l'horizon 2050 – Autant de seniors que de jeunes*, paru en novembre 2017 et réalisé par l'INSEE en partenariat avec le CESER de La Réunion.

² *Etude relative à la formation des prix des matériaux de construction à La Réunion*, paru en 2015 et réalisée par le cabinet Elan Océan Indien.

³ *Enquête de comparaison spatiale de prix de 2015*, INSEE

⁴ *Etude stratégique internationale sur les domaines de spécialisation intelligente de l'île de La Réunion – Bâti tropical*, réalisée par Technopolis et parue en 2016,



des matériaux – ceux de moins bonne qualité étant de fait les moins onéreux – et **limitent les possibilités d’extension**, pourtant indispensables à la mise en œuvre des principes du bâti bioclimatique (qui suppose la présence de zones tampon d’aération et pare-soleil, par exemple).

- **Le recours aux matériaux locaux comme moyen de création de valeur économique**

Les dépenses engagées par les entreprises du BTP pour l’acquisition de matériaux produits à l’étranger correspondent à une **valeur « perdue » pour l’île**. Cette valeur pourrait pourtant rester sur place à condition que les filières des matériaux locaux soient suffisamment structurées et développées pour répondre à la demande.

Le recours aux matériaux locaux apparaît dès lors comme un moyen **de stimuler l’emploi et de créer de la valeur ajoutée indélocalisable**. Il suppose des **efforts de recherche et d’innovation** pour concevoir, à partir de ressources locales, des matériaux disposant de performances équivalentes aux produits importés. Les techniques liées à **l’approvisionnement en ressources locales**, à la **transformation** de ces dernières puis à la **mise en œuvre** des matériaux diffèrent des méthodes employées pour les matériaux importés. Ces techniques nécessitent donc le développement de **nouvelles formations et de nouvelles compétences**, elles-mêmes sources **d’emplois nombreux, non délocalisables**, et de différents niveaux de qualification, de l’ouvrier au chercheur en passant par l’ingénieur ou le technicien. Par ailleurs, le bâti tropical est à même de devenir un **sujet d’expertise et de savoir-faire** pour les entreprises du BTP, les architectes, les bureaux d’étude et les chercheurs réunionnais, faisant ainsi de l’île un leader en la matière. Les entreprises réunionnaises de la construction, si elles réussissent la transition vers le bâti tropical, seront en mesure, à terme, **d’exporter** cette connaissance et cette expertise sur l’ensemble de la zone tropicale humide et par conséquent, contribueront à créer **davantage de valeur économique** pour l’île.

Encadré n°1 – Précisions sémantiques :

- **Le bâti tropical** : la définition qui a été retenue tout au long du projet est celle du bâti tropical « au sens large » qui intègre la dimension relative au choix des matériaux : **une approche de la construction conforme aux principes du bâti bioclimatique adaptés à la zone tropicale humide et mobilisant des matériaux locaux, c’est-à-dire des matériaux produits ou recyclés sur place (voir le Périmètre du projet) ;**
- Les matériaux importés à La Réunion sont pour la plupart des matériaux pétrosourcés. Ils sont nommés **matériaux conventionnels en lien avec leur fort impact carbone**, par opposition aux matériaux locaux, qui peuvent être pétrosourcés mais disposent d’un bilan carbone plus faible dans la mesure où ils sont **produits localement** (voir à ce propos la partie sur le Périmètre de l’étude) et ne **subissent pas les mêmes procédés de transformation énergivores et émetteurs de gaz à effet de serre**.



B. Les pratiques constructives actuelles sont source de nuisance pour l'environnement global et local

- **Un secteur d'activité à fort impact carbone**

En France, selon la Fédération Française du Bâtiment (FFB), **24 % des émissions totales de CO₂ et 44 % de l'énergie consommée sont imputables au secteur de la construction**. L'extraction, l'importation puis la mise en œuvre des matériaux de construction importés sont des activités à **fort impact sur l'environnement** qui s'ajoutent au bilan carbone du secteur réunionnais de la construction, puisque celui-ci est importateur net en matériaux qui sont eux-mêmes pour la plupart des **matériaux à forte empreinte carbone**. L'exemple du béton est à cet égard édifiant : la fabrication du ciment qui le compose est en effet responsable de près de la **moitié des émissions de gaz à effet de serre** du secteur de la construction⁵.

Par ailleurs, le choix des matériaux n'est pas le seul facteur à intégrer au bilan carbone global du secteur de la construction. Les **méthodes constructives ont un impact environnemental indirect** puisqu'elles déterminent le type d'usage et les éventuelles consommations énergétiques annexes qui seront réalisées par les résidents. Or, la **massification altère fréquemment la qualité** des constructions et n'encourage pas les acteurs à mettre systématiquement en œuvre des principes du bâti bioclimatique dans la conception des bâtiments.

A l'instar de la phase de construction à proprement parler, **la gestion, l'exploitation et la maintenance** d'un bâtiment ont une incidence sur son bilan carbone. L'absence de solutions visant au rafraîchissement naturel des bâtiments incite les usagers à avoir recours à des **systèmes de climatisation très consommateurs de gaz à effet de serre tels que la climatisation**. Un autre phénomène concourant à la **formation d'îlots de chaleur urbain est lié à la minéralisation** des espaces urbains qui les prive du rafraîchissement naturel par le végétal. Le recours aux matériaux importés dans la construction à La Réunion et les techniques de construction mises en œuvre constituent donc *in fine* une source importante d'émissions de gaz à effet de serre.

- **La massification et l'étalement urbain constituent une menace pour la très riche biodiversité insulaire**

Les pratiques actuelles du secteur de la construction sont en outre une source de **menace pour la biodiversité réunionnaise**. L'île de La Réunion s'est vue déclarée haut lieu de la biodiversité mondiale par l'UNESCO, du fait de sa très grande richesse en matière d'espèces animales et végétales endémiques. Or, **l'étalement urbain** fait craindre pour le maintien de cette biodiversité, notamment dans les Hauts où elle y est encore relativement bien préservée du fait de l'assez faible pression foncière. Il s'agit donc d'un espace encore constructible, ce qui pousse les promoteurs à y bâtir de nouvelles habitations qui risquent de constituer une menace pour la biodiversité. Dans l'état, les **activités en lien avec la construction participent donc de la dégradation de l'environnement local**.

Dans la perspective d'une diminution de l'empreinte carbone du secteur de la construction et du maintien d'une haute qualité de l'environnement local, il apparaît donc

⁵ *Les solutions béton au service de la croissance verte*, paru en avril 2018, P. Guiraud.



essentiel que l'ensemble des acteurs concernés se **mobilisent et recourent plus massivement aux principes du bâti tropical**.

L'augmentation de l'occurrence des phénomènes climatiques et météorologiques extrêmes en lien avec le changement climatique va par ailleurs nécessiter **une adaptation accrue du bâti à ces nouvelles contraintes**. Il convient d'intégrer de tels facteurs à la stratégie visant à encourager cette mutation dans le secteur de la construction. Le développement du bâti tropical, qui intègre le recours aux matériaux locaux dans une approche bioclimatique adaptée au contexte tropical humide, apparaît dès lors comme une clé de réponse à cet enjeu. Les qualités techniques des matériaux locaux telles que la **résistance mécanique** et **l'imputrescibilité** sont des atouts indispensables dans un contexte tropical soumis à des **événements climatiques parfois extrêmes et qui sont amenés à s'intensifier** dans le cadre du changement climatique.

C. Un secteur de la construction qui ne répond pas totalement aux attentes de la société réunionnaise en matière de durabilité et de préservation de son patrimoine

Les attentes sociétales relatives aux **enjeux de santé, de qualité de l'environnement et de préservation et de mise en valeur du patrimoine local** sont de plus en plus fortes. Le secteur de la construction joue, à ces égards, un rôle majeur.

- **Des attentes fortes en matière de confort thermique des bâtiments**

Dans un contexte tropical à la fois chaud et humide, l'enjeu relatif au **confort thermique dans les bâtiments** est essentiel pour le bien-être des habitants. La prise en compte du **site de construction** dans la phase de conception d'un bâtiment constitue un préalable afin que celui-ci soit bien **adapté aux conditions naturelles** : chaleur et différentiels de température, taux d'humidité et pluviométrie, déclivité et foncier disponible, exposition aux aléas naturels comme les cyclones, les glissements de terrain, les parasites et les nuisibles ou encore les éruptions volcaniques.

Il existe à La Réunion une grande variété topographique (littoral, moyenne montagne, haute montagne) qui fait que **le zonage climatique y est très fort** (voir figure ci-dessous). La bonne adaptation du bâti aux contraintes naturelles (pourtant essentielle) est donc plus difficile, puisqu'il n'est pas possible de répliquer un modèle standard qui conviendrait pour l'ensemble des sites constructibles. Une telle exigence est peu respectée dans le cadre de la massification : ce sont souvent des kits clés en main (en particulier dans le cas des constructions à distance par des métropolitains) qui sont livrés, tenant peu de compte du site de construction, notamment pour les aspects relatifs aux conditions hygrothermiques. L'atteinte du confort thermique est alors garantie par le **recours systématique aux dispositifs de rafraîchissement** (ou dans les Hauts, de réchauffement) **artificiels**, qui sont, comme expliqué précédemment, source d'émissions de gaz à effet de serre.

La mise en œuvre des principes du bâti bioclimatique vise à **faciliter l'atteinte du confort thermique de manière passive** (non consommatrice en énergie et non émettrice de gaz à effet de serre) en intégrant les données naturelles du site de construction choisi. Par conséquent, le caractère adapté de la construction au site naturel



constitue une **condition du bien-être des habitants** que seul le recours au bâti tropical permet d'assurer sans un fort impact sur l'environnement et le patrimoine.

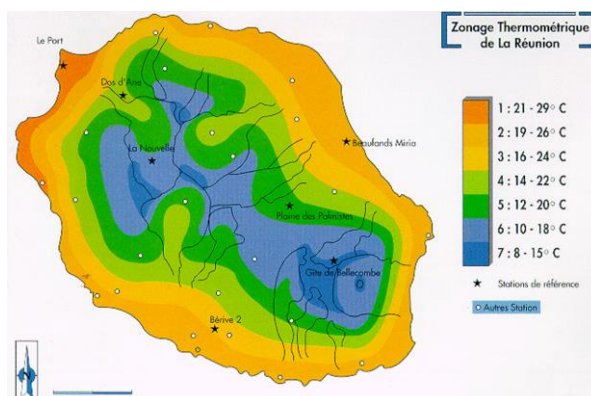


Figure 1 – Zonage climatique de La Réunion (INP ENSEEIHT)

- **Un secteur de la construction dont les externalités négatives peuvent nuire à la qualité de vie des Réunionnais**

La mauvaise qualité de la construction peut être une source de **nuisance pour la santé** de leurs résidents. C'est le cas pour les constructions intégrant des matériaux à fort taux d'émission de Composés Organiques Volatils (COV), notamment certains types de peintures. De manière générale, **la composition, la fabrication, l'utilisation et la fin de vie** des produits conventionnels peuvent être des sources de potentiels impacts négatifs pour l'environnement et la santé humaine, et il convient donc d'engager un mouvement en faveur d'une **construction plus durable** de ce point de vue.

Par ailleurs, la **conservation du patrimoine bâti réunionnais** (architecture créole caractérisée par le style colonial et par celui de la Compagnie des Indes) est menacée par la massification et le recours à des matériaux importés de faible qualité. **La détérioration de la qualité esthétique** des paysages provoquée notamment par l'urbanisation est un autre impact négatif du secteur de la construction, qu'il convient de mitiger, par exemple en recourant davantage aux **matériaux traditionnels** et en limitant l'étalement urbain.

En termes de gestion des déchets, la saturation des centres d'enfouissement et le caractère insulaire de La Réunion font de la transition vers **l'économie circulaire** du secteur de la construction une nécessité. Les activités en lien avec la construction génèrent d'importants volumes de déchets, du fait notamment du taux de renouvellement élevé des matériaux importés, généralement de piètre qualité. **La diminution du volume de déchets produits sur l'île et non recyclés** constitue dès lors un enjeu social majeur. Pour cette raison, le projet BioRev'Tropics a également accordé une large place aux **matériaux issus de déchets recyclés**.



Clé de réponse aux enjeux économiques, sociaux et environnementaux évoqués, la transition vers le bâti tropical suppose notamment un recours accru aux matériaux locaux, qu'il convient d'encourager.

Quatre volets relatifs à cette transition seront passés en revue :

- **La recherche et le développement en matière de matériaux innovants ;**
- **Les évolutions du comportement et des usages ;**
- **Les impacts en matière d'emplois et de compétences ;**
- **Les possibilités à envisager avec l'export de ce nouveau savoir-faire.**

Le plan d'actions coconstruit avec les membres du collectif lors du deuxième séminaire est présenté en annexe de ce rapport. Le diagnostic partagé (partie IV) intègre les références à ce plan d'actions.



II. Présentation du projet

Lauréat d'un appel à projet lancé par la DIECCTE La Réunion, le projet BioRev'Tropics – *Le recours aux matériaux locaux pour la construction en milieu tropical* – s'appuie sur **l'observation de terrain, l'écoute et l'expérience d'acteurs impliqués dans le développement de la filière bâti tropical** pour identifier des potentiels de développement et favoriser l'identification et le financement d'actions visant à :

- **Améliorer la prise en compte des ressources locales** valorisables pour la construction (faciliter, encourager et développer le recours à ces ressources ainsi que la structuration de filières locales) ;
- **Valoriser l'expertise du territoire** (savoir-faire, compétences, maîtrise technique et/ou organisationnelle) ;
- **Développer l'emploi et l'économie locale.**

Clé de réponse aux enjeux liés à la transition écologique et énergétique dans les territoires insulaires et isolés, le bâti tropical s'insère aussi dans la **stratégie bioéconomie** lancée en janvier 2017 par le ministère de l'agriculture et qui vise notamment à structurer et à développer les filières des matériaux de construction biosourcés.

Les porteurs du projet sont le cabinet **Nomadéis**, l'agence **BioBuild Concept** ainsi que le **Laboratoire d'Ecologie urbaine** (LEU) de La Réunion.

Le programme est soutenu et financé par la Direction des Entreprises, de la Concurrence, de la Consommation, du Travail et de l'Emploi de La Réunion (DIECCTE La Réunion).

Les grandes étapes et le calendrier de réalisation du projet sont présentés sur la figure page suivante.

Le projet s'est déroulé en trois grandes phases :

- Une phase amont de **diagnostic flash** des filières (filières en place et filières potentielles) des matériaux locaux basée sur une approche ressources puis de compilation des **pistes d'actions** identifiées par le collectif ;
- Une phase intermédiaire **d'enquête téléphonique** auprès des entreprises du bâtiment visant à qualifier et à quantifier le recours effectif aux matériaux locaux à La Réunion (voir le **rapport d'analyse de l'enquête et le rapport compilant les résultats bruts**) ;
- Une phase aval de **compilation des éléments** : rédaction d'une ébauche de feuille de route intégrant le plan d'actions, de l'analyse des résultats de l'enquête et d'un rapport final du projet.

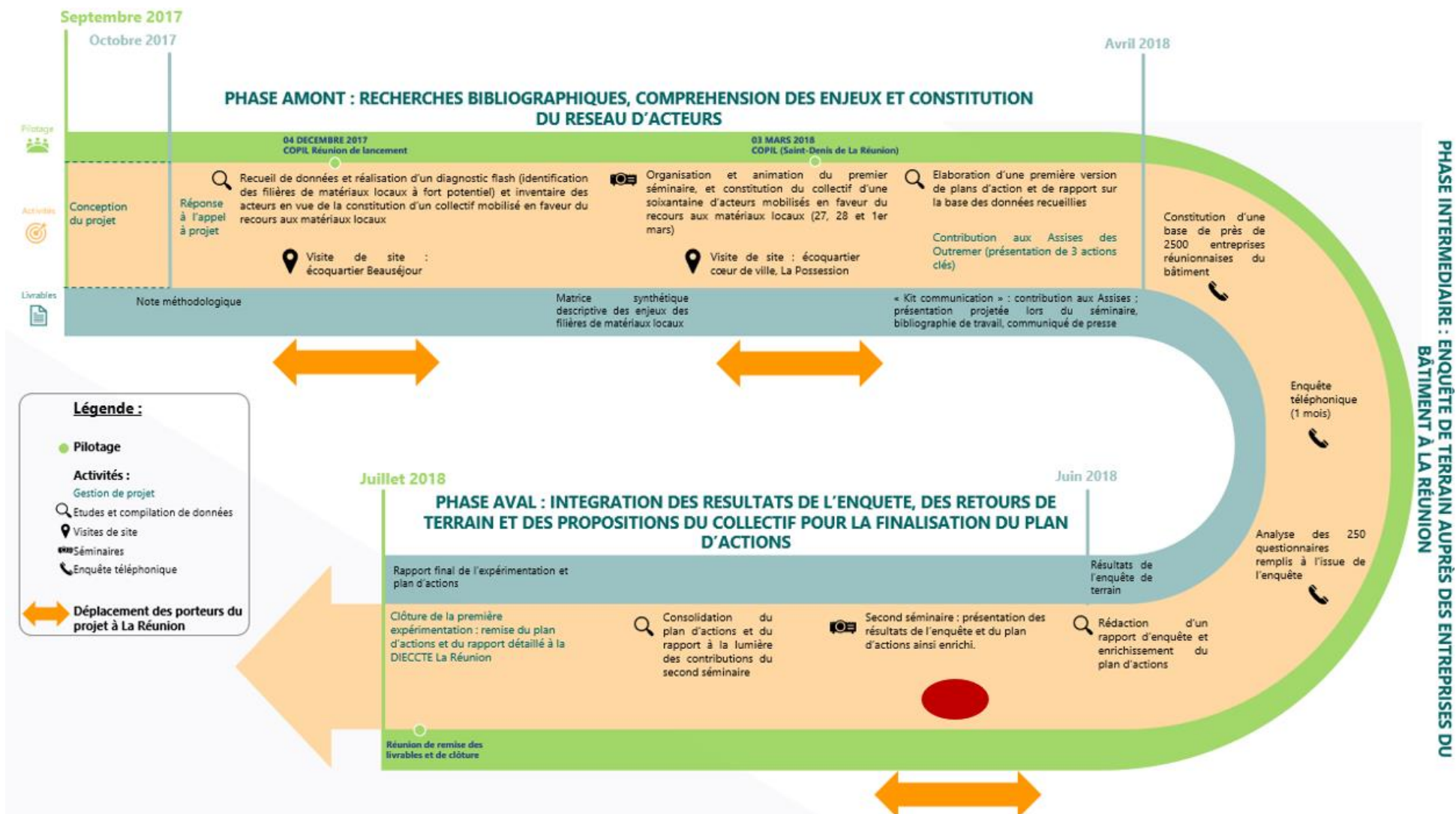


Figure 2 – Synthétique du projet BioRev'Tropics



III. Périmètre du projet

A. Définition du périmètre « amont » (les matières premières) du projet

La liste définitive du périmètre du projet BioRev'Tropics a été validée à l'issue du premier séminaire. Elle compte **27 ressources réparties en trois catégories** (biomasse brute, biomasse transformée et les ressources d'origine minérale, incluant les ressources minérales brutes et celles transformées) :



Figure 4 – Classification des 27 ressources locales retenues dans le cadre du projet BioRev'Tropics

Les ressources utilisables dans la fabrication des matériaux locaux ont été identifiées à partir d'un **état de l'art** ainsi qu'à partir d'**entretiens** conduits auprès d'acteurs sur place (architectes, agriculteurs, paysagistes et institutionnels notamment) lors de la phase du diagnostic flash.

Une liste de ressources a été proposée par l'équipe projet en amont du premier séminaire. Le collectif a discuté, amendé et enrichi cette liste ; il a notamment proposé l'ajout de ressources mobilisables dans le cadre de **l'économie circulaire** (par exemple, les verres et plastiques). Certaines ressources jugées moins pertinentes ont à l'inverse été écartées de cette liste.



Les données obtenues au cours de cette phase ont été synthétisées dans une matrice visant à présenter les caractéristiques envisagées de ces ressources utilisées dans le cadre du bâti tropical. Les critères considérés sont les suivants :

- **Atouts et inconvénients** de l'usage en construction ;
- **Existence d'une norme, d'avis techniques ou de règles professionnelles** pour la ressource / le matériau associé ;
- **Caractéristiques du gisement** : volume, répartition sur le territoire, degré d'homogénéité ;
- **Types d'applications** actuelles dans la construction, si elles existent ;
- Eventuelles **concurrences d'usage** avec d'autres filières que celle de la construction ;
- Possibilité de la **mobilisation de la ressource** pour la construction et tendances de l'évolution attendues de cette mobilisation ;
- Liste des **projets en cours** impliquant la ressource concernée.

Une proposition **d'enjeu associé au développement de la filière** considérée a ensuite été établie sur la base de ces éléments.

Sur la base du document de travail, une **matrice** synthétisant l'ensemble des données recueillies a été élaborée. Cette matrice donne un aperçu des caractéristiques de chacune des ressources et de leur gisement, ainsi que de l'enjeu relatif au développement de la filière associée pour le bâti tropical à La Réunion. La matrice synthétique est présentée ci-dessous dans la version qui avait été présentée lors du premier séminaire. De nombreux membres du collectif se sont montrés intéressés par un **approfondissement de ce travail**, par exemple en ciblant certaines filières prioritaires ou bien pour lesquels ils manifestent un certain intérêt à davantage les développer.

La base de travail a été modifiée à la suite du premier séminaire de telle sorte qu'elle **intègre les différentes remarques** qui y avaient été formulées.



Enjeu pour La Réunion								
Evolution attendue	Possibilité de mobilisation	Concurrence d'usage	Applications existantes dans la	Existence d'un moyen de collecte	Homogénéité du gisement	Répartition sur le territoire	Volume	
								Cryptomeria Objectiver les réticences des acteurs locaux / le cas échéant cibler des applications pertinentes et/ou démontrer la qualité technique du matériau.
								Goyavier Objectiver les réticences / Maitriser le développement de la plante et reboiser avec des essences endémiques / Poursuivre le travail de structuration de la filière pour construire en goyavier.
								Vétiver Sa collecte nécessite une importante main d'œuvre (peut favoriser l'insertion) mais le vétiver un gros potentiel en termes d'applications.
								Tamarin Essence endémique de l'île dont le bois dispose de propriétés intéressantes en construction, mais dont les autres usages ont une plus importante valeur ajoutée.
								Bambou Création de forêts complexes bambous + tamarins fournissant du bois de qualité pour la construction et écologiquement intéressantes ; fort enjeu pour la construction dans les régions tropicales.
								Palmes Replantation de la forêt dans les Bas : intérêt écologique et dans la construction à terme.
								Choca Ressource populaire à la Réunion aux multiples usages sur lesquels la valorisation en construction pourra s'appuyer ; gare à la prolifération de cette plante invasive non endémique.
								Aloès Nombreux débouchés de l'aloès, différenciés selon la partie de la plante ce qui permet de valoriser l'ensemble et de tirer la filière ; dans une approche circulaire.
								Végétal vivant Enjeux de confort et d'économies d'énergie ; gestion de l'irrigation pendant la saison sèche (utilisation d'herbacées plus complexe à gérer).
								Bois humides de couleurs Meilleure qualité pour la construction : enjeu environnemental et économique fort autour d'une restauration massive.
								Bagasse Gisement important qui est aujourd'hui totalement valorisé. Enjeu de détournement de la ressource pour la construction. Acquisition d'expertise valorisable dans de nombreuses zones tropicales.
								Fibres de coco Gisement à quantifier. Possibilité de valorisation dans la construction. Quelques filières de réutilisations artisanales et locales pour l'instant. Enjeu de collecte et de valorisation dans la construction.
								Déchets verts Gisement important, moyen de collecte en place, principalement utilisé pour du compostage.



	Volume	Répartition sur le territoire	Homogénéité du gisement	Existence d'un moyen de	Applications existantes dans	Concurrence d'usage	Possibilité de mobilisation	Evolution attendue	Enjeu pour La Réunion
Palettes	Green	Grey	Green	Green	Yellow	Green	Green	Grey	Gisement bien identifié avec système de collecte opérationnel, l'enjeu réside dans la valorisation de ce gisement dans la construction et la structuration de l'étape de transformation (par des ateliers d'insertion cf. goyavier) ?
Copeaux de bois	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Red	Green	White	Détourner une partie du gisement pour le valoriser dans la construction. Un acteur prépondérant sur le marché : COPOBOIS.
Papier, carton	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Gisement conséquent dont une bonne partie est exportée. Potentiel de fabrication de ouate de cellulose locale. Encadrement de d'une mise en œuvre répondant aux spécificités réunionnaises (en particulier gestion de l'humidité).
Déchets textiles	Grey	Green	Yellow	Green	Green	Red	Green	White	Ressource collectée. Une petite partie est valorisée localement et le reste est exporté. Enjeu de développement d'une filière locale de valorisation dans la construction. Possibilité de s'appuyer sur quelques acteurs locaux.
Scorie	Green	Grey	Green	Red	Green	Yellow	White	Grey	Des projets ont été menés par le passé (cf. projet Haclave piloté par le LEU) qui permettent de confirmer les caractéristiques intéressantes de la ressource dans la construction. Mais le gisement n'est plus du tout exploité (carrières abandonnées).
Basalte	Green	Yellow	White	Green	Green	Grey	White	White	Ressource qui possède de nombreuses applications dans la construction et les travaux publics.
Terre crue	Red	Red	White	Red	Green	Green	Green	Yellow	Ressource présente en très faible volume mais valorisable dans la construction. Enjeu de capitalisation des savoirs-faire ancestraux. De nombreux exemples dans d'autres pays tropicaux.
Pneus	Green	Grey	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Gisement conséquent, filière de collecte et de transformation existante et structurée. Mais conflits d'usage (travaux publics) et peu d'applications dans la construction.
Containers	Yellow	Yellow	Green	Red	Green	Green	Yellow	Green	Demande réelle mais disponibilité encore réduite.
Déchets de chantier	Green	White	Yellow	Green	Yellow	Grey	Green	Grey	Gisement très important. Filière structurée. Mais valorisation en travaux publics surtout. Enjeu de développement filière valorisation construction.

Figure 3 – Matrice synthétique – caractéristiques principales des ressources locales (version de février 2018)



B. Définition du périmètre « aval » (les grandes familles d'application) du projet

Les applications des matériaux locaux ciblés par le projet pour un usage en construction sont les suivantes :

- Bétons végétaux et bétons légers (dont les granulats biosourcés sont par exemple les palettes, la bagasse, les scories, etc.) ;
- Isolants (fabriqués par exemple à partir de papier, de fibres, de vrac, de basalte, etc.) ;
- Eléments de structure (fabriqués par exemple à partir de biomasse transformée telle que le bambou, le cryptoméria, etc.) ;
- Eléments de couverture et bardage (fabriqués par exemple à partir de biomasse transformée telle que le vétiver, les palmes, le tamarin, etc.) ;
- Colles, peinture (produites à partir de biomasse transformée telle que la choca, les algues, etc.) ;
- Eléments d'ombrage et climatisation naturelle (que constituent les massifs végétaux vivants) qui se décline en trois types d'applications : **toitures végétalisées, façades végétalisées et murs végétaux.**

Encadré n°2 – Matériaux locaux : de l'importance du lieu de transformation

Il est à noter que pour certains types de matériaux de construction, seule **une partie de la matière première** utilisée pour la fabrication des matériaux peut être d'origine locale.

C'est par exemple le cas des bétons végétaux. En effet, la fabrication de béton local nécessite des granulats locaux (qui peuvent être biosourcés) et du ciment local. Or, les clinkers (qui entrent dans la composition du ciment) ne peuvent être produits sans avoir à disposition des quantités importantes de calcaires et d'argile. Les producteurs réunionnais l'importent puisque ces ressources sont absentes de l'île. L'utilisation alternative de la chaux (constituée de calcaire) en tant que liant n'est pas raisonnable au regard des volumes requis. Il est donc **impossible de produire un liant 100 % local**. En revanche, les granulats peuvent être d'origine locale (roche concassée ou granulats biosourcés, encore au stade de la recherche pour ce dernier). Par ailleurs, la fabrication implique d'autres opérations comme le broyage et le mélange avec des adjuvants qui peuvent, elles, être réalisées localement.

L'exemple du béton démontre que si la totalité des matériaux nécessaires à la construction ne peuvent être produits sur l'île de La Réunion du fait de l'absence de certaines matières premières indispensables, la **relocalisation de tâches de transformation** peut être un moyen intéressant pour **développer les filières locales** (en l'occurrence, pour cet exemple du béton, les filières associées à la production de granulats végétaux).



IV. Diagnostic partagé

A. Recherche et développement en matière de matériaux et de principes réglementaires innovants

Des projets variés de recherche et développement ont pour ambition de **concevoir des matériaux à partir de ressources locales** en vue d'un usage en construction. Les matériaux locaux demeurent, sur le plan technique, un champ à investiguer : l'innovation permet la **découverte de nouvelles solutions** dont l'objet est la valorisation des ressources locales pour la fabrication de matériaux à faible impact environnemental et dont les caractéristiques techniques demeurent similaires à celles des matériaux conventionnels.

- **Les filières du bâti tropical au cœur de projets techniques et scientifiques en lien avec la construction dont l'accès final au marché demeure encore peu effectif**

Des initiatives ont été engagées, notamment en matière de développement de la connaissance et de caractérisation des matériaux locaux (voir encadré n°3), ou de production à des échelles artisanales ou semi-industrielles. Toutefois, la **structuration de filières** de production de matériaux locaux pour la construction et leur **appropriation** par les entreprises de la maîtrise d'œuvre ne sont pas encore objectivés comme des **facteurs clés de succès d'une filière bâti tropical**.

Outre le manque de structuration des filières locales, plusieurs autres types d'obstacles se posent à la mise sur le marché des matériaux innovants. Le **changement d'échelle** constitue une étape critique à tous les niveaux, à la fois dans le cadre du **transfert de technologie** du laboratoire à l'entreprise, puis pour les entreprises souhaitant se développer.

L'exemple d'un éco-kiosque en cours d'élaboration est une bonne illustration des **difficultés associées au changement d'échelle**. Mêlant du bois de tamarin, de goyavier et de cryptoméria, l'éco-kiosque a pour vocation de s'intégrer au mobilier urbain réunionnais. Mais pour que le passage du prototype à l'objet industriel soit effectif, il convient de **réduire les coûts de production** de manière que l'écart avec les prix de kiosques en bois importés soit plus faible. Ce sujet relatif aux coûts des matériaux locaux est déterminant pour le succès du bâti tropical à La Réunion, et suppose que les **modèles économiques soient correctement calibrés**, et que le temps d'atteinte du taux de rentabilité industriel soit raccourci.



Encadré n°3 – Exemples de dispositifs et d'acteurs cherchant à objectiver les caractéristiques de matériaux locaux innovants à La Réunion :

- **Travaux du laboratoire PIMENT** : réalisation des études de l'efficacité énergétique des enveloppes, qualité d'air et confort des bâtiments construits avec des matériaux biosourcés ;
- **Projet ACERBAT** : évaluation de la conformité des matériaux biosourcés (normes et référentiels) mais qui a suspendu ses activités d'organisme certificateur en 2013 ;
- **Projet ISOBIODOM** : projet lancé par le CIRBAT qui vise à caractériser les propriétés des matériaux biosourcés pour un usage en isolation.

Piste d'action 1.1 : étude sur l'intégration des externalités environnementales et sociales du recours aux matériaux importés par rapport au surcoût lié à la production de matériaux locaux :

La compétitivité économique des matériaux locaux ne pourra être effective qu'à long terme, lorsque les filières seront structurées : il est donc important, dès à présent, **de sensibiliser les acteurs de la construction et le grand public** aux externalités positives de ces matériaux. La prise en compte d'un coût global intégrant les avantages en termes de santé, de préservation de l'environnement local et global ainsi que de développement économique apparaît comme un levier favorisant un recours accru aux matériaux locaux. En amont, il convient d'objectiver ces avantages, par exemple en menant une étude visant à calculer la **valeur économique correspondant aux externalités** susmentionnées.

La commande publique constitue un levier permettant de faciliter l'accès au marché. Il peut dès lors être intéressant de l'activer à moyen terme, par exemple *via* l'obligation de l'incorporation d'une certaine quantité de matériaux locaux dans la construction des bâtiments publics. Ce principe relatif à **l'écoconditionnalité** pourrait être étendu à l'ensemble des subventions publiques concernant les projets de chantier aidés. Dans tous les cas, les stratégies de soutien aux filières et d'accès au marché doivent être **adaptées aux contextes locaux** et ne pas être de simples déclinaisons des stratégies métropolitaines : les DROM doivent être associées aux orientations nationales (dont la stratégie nationale pour la bioéconomie et les recommandations qu'elle propose) pour ce qui les concerne.

La recherche et le développement de ces nouveaux matériaux à partir des ressources locales sont donc indissociables du travail de structuration des filières et d'amélioration de la connaissance des gisements. Il convient ainsi d'élaborer, pour chaque filière envisagée, des **modèles économiques pérennes**, gages d'avenir commercial pour les innovations. Le cas du cryptoméria est révélateur de l'importance de l'élaboration de *business plans* précis dès l'amont de la production, de manière à correctement dimensionner le maillon de la transformation⁶. Un modèle économique intègre aussi

⁶ La mauvaise posture économique de la scierie de Bourbon est en partie due au fait que les aspects relatifs aux études de marché ont été insuffisamment pris en compte lors du démarrage des filières d'essences locales : sa capacité excède ainsi largement les volumes qui y sont effectivement transformés.



l'amont de la filière, c'est-à-dire le **maillon relatif à la production et à la disponibilité d'exploitation du gisement**. A cet effet, le collectif souhaite que le schéma biomasse de La Réunion permette de déterminer précisément le gisement, les flux de produits et le niveau de structuration des filières, incluant une dimension relative à la diminution des quantités de déchets enfouis.

Piste d'action 1.2 : développement de bétons végétaux à partir de ressources locales :

L'île de La Réunion est riche de ressources locales valorisables pour la construction. L'innovation doit donc porter en priorité sur les matériaux qui peuvent être conçus à partir de ces ressources locales et plus généralement sur les **ressources disponibles à la fois localement et dans toute la zone tropicale humide**, afin que les développeurs de ces matériaux puissent **exporter et répliquer leur modèle technico-économique à d'autres zones de la planète**. A cet égard, le développement de **béton à base de granulats biosourcés** est une piste intéressante. Des coproduits de l'industrie agroalimentaire, comme la bagasse, peuvent par exemple servir de granulats dans le cadre de la fabrication de bétons végétaux, à condition que les éventuels conflits d'usage avec d'autres secteurs, comme celui de l'énergie, soient évités⁷. Le processus d'étude de la **disponibilité de la ressource**, de **caractérisation des bétons végétaux** puis de **développement produit** peut être répliqué à différents types de granulats étudiés.

Piste d'action 1.3 : étude des caractéristiques relatives à l'isolation des matériaux composites et soutien au passage à l'échelle industrielle :

Les **matériaux composites** (intégrant à la fois des matériaux biosourcés et des matériaux conventionnels) sont un bon compromis entre accessibilité de la matière première et recours à des matériaux locaux. Leur développement constitue à ce titre un moyen pour assurer la **transition vers les matériaux locaux**. La poursuite de l'étude réalisée dans le cadre du projet ISOBIODOM permettrait de favoriser l'essor de ces **matériaux composites en démontrant leur intérêt pour un usage en isolation**.

⁷ D'après la DAAF de La Réunion, 10 % des besoins en électricité de l'île sont couverts par la combustion de bagasse dans les centrales électriques.



- **L'innovation et l'adaptation en matière réglementaire pour favoriser un recours accru au bâti tropical**

L'innovation ne concerne pas exclusivement le volet technique relatif à la recherche et au développement de matériaux. **L'innovation en matière réglementaire**, dans un contexte de transition énergétique et écologique, joue un rôle moteur visant à **améliorer la performance énergétique des bâtiments**. De façon plus expérimentale, l'innovation peut également s'appliquer à la définition de **nouveaux cadres conceptuels et de nouvelles approches de la construction** elle-même.

Les normes métropolitaines sont **souvent inadaptées** et il existe un besoin de création de **référentiels spécifiques**. La RTAA DOM, par exemple, ne prend pas en compte la question du recours aux matériaux locaux et ne présente pas le végétal comme un isolant thermique naturel (voir encadré n°4). Pour que cette réglementation soit mieux adaptée au contexte insulaire tropicale humide de La Réunion, son **évolution** se pose dès lors comme une nécessité. Le CAUE propose par exemple une vision globale adaptée au contexte réunionnais qui ne s'arrête pas à la RTAA et qui est résolument orientée sur les **bonnes pratiques environnementales et la baisse de la consommation énergétique dans le bâtiment**. En termes de documents réglementant la construction, les **Plans Locaux d'Urbanisme (PLU)** sont probablement plus à même d'encourager le recours aux matériaux locaux et l'intégration du végétal dans la construction que ne le permet la RTAA DOM. Ils représentent un moyen d'imposer l'usage de bonnes pratiques dans la construction car ce sont des leviers qui **dépendent directement du ressort des élus locaux** et non de la réglementation nationale. Le PLU du Cœur de Ville de la Possession et son écoquartier est par exemple une illustration de la réussite du **volontarisme politique** en faveur d'un recours accru au bâti bioclimatique.



Encadré n°4 – La RTAA DOM : un cadre réglementaire qui va dans le sens de l'adaptation au contexte locale mais qui doit encore être amélioré :

Afin d'adapter la réglementation métropolitaine de la construction neuve (relativement aux caractéristiques thermique, acoustique et d'aération des logements) au contexte climatique et au mode de vie des départements des DROM et des COM, un ensemble de textes réglementaires nommé la RTAA DOM a été actée. Mise en œuvre depuis mai 2010, elle a été amendée en 2016.

La réglementation intègre de plus en plus les **matériaux** dans l'évaluation des performances du bâti. Cependant, dans un climat tropical humide, le besoin d'une approche plus intégrée, incluant les **performances hygrothermiques des matériaux et leur impact carbone** nécessite une évolution de la RTAA DOM.

Dans ce sens, plusieurs projets ont vu le jour, notamment dans le cadre du programme PACTE (*Programme d'Action pour la qualité de la construction et la Transition Energétique*) :

- **REX RTAA DOM** : projet qui vise à dresser un bilan de la réglementation thermique aéraulique et acoustique des DOM dans les logements à La Réunion *via* des retours d'expérience (Imageen, CAUE, LEU Réunion, Ipsos, TEE0) ;
- **TEC-TEC** : *Tropical Energy Carbon – Reeducation* : méthode bas carbone basse énergie pour les bâtiments tertiaires en zone tropicale (Université de la Réunion, AIA Architectes : Imageen, BCO2 Ingénierie, LEU Réunion) ;
- **TROPICACV** : projet visant à appliquer la démarche d'ACV à des opérations réunionnaises (bâtiments résidentiels collectifs). C'est dans ce type de cadre que l'étude proposée au sujet de l'intégration des externalités des matériaux pourrait être envisagée.

La systématisation du **réemploi des éléments constructifs** peut être stimulée par une nouvelle approche des matériaux de construction : le bâtiment n'est plus considéré comme un consommateur de ressources mais comme un **lieu de stockage** temporaire de ces dernières, qui pourront être réutilisées. L'enjeu de la transition vers ce paradigme circulaire est d'autant plus important pour La Réunion qui subit les contraintes économique et environnementales inhérentes à son caractère insulaire, déjà évoquées précédemment. La détermination de la « **construction tropicale idéale** » passe aussi par de l'innovation : par exemple et pour un cas concret, imaginer des ouvertures distinctes des portes permet de contourner le problème d'absence de ventilation en cas de portes fermées.

- **Passage en revue des règles pour l'assurance de matériaux innovants, préalable à leur mise sur le marché**

Un des défis majeurs auxquels les metteurs sur le marché de matériaux innovants se trouvent confrontés est précisément **l'absence de normes, d'avis techniques ou de règles professionnels** pour leurs produits.

Dans le système français, c'est **l'entreprise qui délivre une assurance aux clients** (biennale ou décennale selon le type d'usage du matériau). Or, cette assurance – qui couvre à la fois la mise en œuvre et la qualité du produit vendu – est obtenue auprès d'assureurs qui se réfèrent à l'existence de **normes, d'avis techniques ou de règles**



professionnels définissant les caractéristiques et les techniques de pose des matériaux, et qui vérifient parfois aussi la **certification** des produits par un organisme tiers (la certification constituant une garantie du respect de ces critères par l'entreprise).

Deux possibilités s'offrent à l'entreprise désireuse de commercialiser un matériau innovant :

- **Une voie adaptée aux matériaux qui sont promis à une grande diffusion est celle de l'édition d'un avis techniques pour ce matériau.** L'entreprise doit monter un dossier qui vise à démontrer les qualités du matériau ainsi que ses aptitudes dans le cadre d'un usage en construction. Le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) assure le suivi du dossier et à l'issue du processus, une commission se charge de statuer sur la possibilité d'émettre un avis technique pour le matériau. L'avis technique est le document sur lequel les assureurs peuvent se baser pour donner un aval sur ce même produit. Les inconvénients de cette démarche sont à la fois **sa longueur et son coût**, qui peut être compris entre cent et cent-cinquante mille euros. Une telle voie n'est donc pas la plus appropriée dans le cas des matériaux destinés à de petits marchés.
- Une autre option, largement préférée par les metteurs sur le marché de matériaux biosourcés en métropole (choisie notamment par les filières paille et chanvre), est celle de **l'édition de règles professionnelles**. Ces règles consistent en une **charte de bonnes pratiques** coconstruite par les acteurs de la filière concernée. De la même façon que pour les avis techniques, les assureurs considèrent que les règles professionnelles permettent de justifier du fait que les matériaux qu'elles couvrent sont de **qualité courante et acceptable**. Cette démarche est moins cadrée que celle qui conduit à l'édition d'avis techniques, et elle suppose une **bonne concertation entre les professionnels**, et in fine, une assez **bonne structuration de la filière** (ce qui est, comme évoqué précédemment, rarement le cas des filières des matériaux locaux). Son principal avantage est que son **coût financier est nul**. La voie de la règle professionnelle est donc particulièrement bien adaptée dans le cas où le marché final envisagé pour le produit est de taille relativement modeste.

Les concepts de normes, de certifications et de labels ne recouvrent pas les mêmes enjeux : l'encadré 5 vise à apporter un éclairage sur ces différents points.



Encadré n°5 – Norme, certification, labels... Quelles différences ?

Une norme d'application obligatoire est incluse dans la réglementation : un matériau se réclamant de cette norme est donc légalement tenu de respecter les critères qui y sont contenus.

Il n'existe aucune obligation à créer une norme pour mettre sur le marché la plupart des matériaux et des produits. L'obstacle à la mise sur le marché concerne l'assurance du matériau ou du produit, évoqué plus haut. La normalisation règle cette question en « donnant confiance » à l'assureur dans les qualités du matériau, lui conférant une aptitude à l'usage. Les normes peuvent à la fois concerner les matériaux à proprement parler ou leur mise en œuvre (il s'agit alors d'un document technique unifié, le DTU, délivré dans le cadre des travaux du BENTEC, bureau de normalisation de l'AFNOR).

La **norme**, si elle n'est pas d'application obligatoire, appartient aux professionnels. Il s'agit d'un outil coconstruit faisant l'objet de mises à jour et d'échanges entre acteurs concernés volontaires. La **certification** est accordée par un acteur externe qui, *via* un audit, contrôle que le produit est bien conforme à la norme qu'il prétend couvrir.

Quant aux **labels**, ils peuvent être de deux types : privés (ils sont élaborés par des associations, des entreprises, etc.) ou d'Etat (c'est le cas par exemple du label « Bâtiment Biosourcé » ou du label « E+ C- »). Les labels visent notamment à préfigurer la réglementation en incitant les acteurs économiques à faire évoluer leurs pratiques.

En termes de perspective d'évolution de la labellisation en vue de l'adapter au contexte local, il serait intéressant d'adapter plus particulièrement le **cadre RGE** (reconnu garant de l'environnement) avec ses labels et crédits d'impôts à certains matériaux locaux. Par ailleurs, il pourrait être proposé aux **particuliers eux-mêmes** de pouvoir recevoir une habilitation à mettre eux-mêmes en œuvre certains matériaux locaux, contribuant ainsi au développement de ces derniers (puisque'il ne serait dès lors plus nécessaire d'assurer les matériaux avant de les mettre en œuvre sur les chantiers).

Le processus de normalisation au sens large (incluant l'édition de règles professionnelles ou d'avis techniques) est donc difficile et représente un **obstacle à la mise sur le marché des matériaux innovants**. Par ailleurs, les normes existantes sur lesquelles les entreprises réunionnaises pourraient s'appuyer ne stipulent pas clairement si elles sont **adaptées à la zone tropicale humide ou seulement à la zone tempérée**, ce qui peut nuire à la connaissance générale des matériaux locaux et à leurs éventuelles faiblesses à La Réunion. Il existe donc un réel enjeu en matière d'adaptation du processus de normalisation et du référentiel normatif au contexte ultramarin tropical. Plusieurs **organismes de référence**, dont les activités visent à **objectiver les caractéristiques des matériaux locaux** au regard des **besoins insulaires**, s'efforcent de provoquer une telle adaptation. L'Observatoire régional de lutte anti-termites (Orlat), le Laboratoire d'essais de menuiserie (Lem) ou encore le Laboratoire de vieillissement des matériaux (LVM) sont des exemples de ce type de structures.



Piste d'action 1.4 : structuration et développement d'une filière bambou locale :

Le bambou est une ressource qu'il est intéressant d'étudier dans la perspective d'un usage en construction. Elle pousse **facilement** et **sans intrant** et fait déjà l'objet de **nombreux usages** dans des pays voisins de La Réunion, et plus généralement dans l'ensemble de la zone tropicale humide, notamment en Asie et en Amérique latine. Pour développer une filière bambou sur l'île, il est nécessaire de démontrer l'intérêt du matériau *via* **des expérimentations et des études** ; puis en produisant des **avis techniques ou des règles professionnelles de bon usage**, qui permettent un usage pour la construction (l'usage en structure nécessite la normalisation du matériau). L'ensemble de ces actions doit s'inscrire dans une **démarche collaborative**, associant chercheurs, entreprises et institutions et elles peuvent s'inspirer de l'historique de la filière du cryptoméria.

- **Focus sur un matériau innovant : le matériau végétal vivant**

Le végétal vivant intégré au bâti occupe une **place essentielle dans le bâti tropical**. Il favorise notamment l'atteinte du confort thermique de manière passive dans le bâtiment. L'évapotranspiration est un mécanisme actif du végétal permettant le rafraîchissement. L'ombrage, phénomène passif, permet également d'abaisser la température : le végétal joue donc le rôle de **tampon thermique**. Or, l'urbanisation galopante contribue au phénomène de minéralisation des villes, ce qui réduit le potentiel de rafraîchissement par le végétal. Ce dernier rend par ailleurs d'**autres services écosystémiques** : sa capacité de rétention d'eau liée à son système racinaire, permet d'atténuer l'impact des inondations en ville. Le végétal joue en outre un rôle de **préservation et de réintégration de la biodiversité** en zones urbaines. Du fait de la variété des services rendus par le végétal, il apparaît essentiel d'objectiver les bienfaits de ce dernier. C'est l'objectif visé par le **projet JACO** (« Jardins pour le confort ») : soutenu par le programme PACTE, il cherche à **optimiser et à quantifier** les bénéfices des apports du végétal pour l'atteinte du confort thermique dans les bâtiments collectifs à La Réunion.

A l'instar des autres matériaux innovants, le végétal est par nature **difficile à normaliser** puisqu'il s'agit d'un matériau changeant. L'Université de la Réunion a par ailleurs fait part des **difficultés** qu'elle éprouve à **objectiver les apports du végétal vivant intégré à la construction**. Le recours aux normes règles et avis métropolitains n'est pas possible dans la mesure où les végétaux utilisés sont différents en zone tempérée.

Un enjeu important existe en **amont de filière**, en termes de *sourcing* des espèces utilisées : aussi bien en métropole qu'en Outre-mer, le choix d'une **provenance locale des essences** reste encore actuellement marginal et loin d'être systématisé. En termes de **mise en œuvre**, le CAUE et le LEU jouent un rôle de conseil à destination des architectes, notamment par le biais de la mise à disposition de documents (dont "Rafraîchir le logement par le végétal" au CAUE) ou de la consultation de paysagistes.

Cependant, la **difficulté d'une évolution de la réglementation** vers une plus grande incitation en faveur du recours au végétal est illustrée par le conflit avec le ministère de l'Intérieur qui ne souhaite pas qu'il puisse être reconnu comme un moyen de protection solaire, du fait de son caractère facilement inflammable.

Le végétal intégré au bâti est pourtant conforme au mode de vie traditionnel réunionnais, ce qui est susceptible de faciliter un mouvement favorable à l'intégration accrue du végétal vivant et son acceptabilité sociétale. Il existe à La Réunion de très



nombreux savoir-faire en matière de design de permaculture, notamment parmi les savoirs et savoir-faire ancestraux et traditionnels réunionnais. En conséquence, **il apparaît nécessaire que les élus se mobilisent afin que la place du végétal soit renforcée en ville**. La **sensibilisation des citoyens et des élus** est un préalable à cette prise de conscience et au volontarisme politique : le soutien à l'innovation doit se faire notamment par le biais d'actions de sensibilisation



B. Bâti tropical et évolutions du comportement et des usages

- **Le recours aux techniques du bâti tropical pour une atteinte du confort hygrothermique sans impact carbone**

Dans la zone tropicale humide, le **taux d'humidité de l'air** constitue un facteur clé qu'il est nécessaire de prendre en compte dans la perspective de **faciliter l'atteinte de la sensation de confort** de l'utilisateur. Pour cette raison, il convient de réfléchir en termes de **confort hygrothermique** et non pas de se restreindre à la notion de confort thermique.

La climatisation est un moyen rapide pour rafraîchir un logement. Néanmoins il convient de souligner que son bilan thermique global est positif : **la climatisation est émettrice nette de chaleur** (et consommatrice d'énergie, une énergie dont la production est émettrice de gaz à effet de serre⁸ responsables du réchauffement climatique). Cet effet est accentué dans la situation où de très nombreux dispositifs fonctionnent simultanément (lors des épisodes caniculaires, par exemple), et il contribue de façon significative à la **formation d'îlots de chaleur urbains**. Paradoxalement, **le recours à la climatisation provoque *in fine* le réchauffement des villes**. Ce dernier nuit au confort des habitants, qui en retour font fonctionner encore davantage les dispositifs actifs de rafraîchissement. C'est donc un **cercle vicieux** entretenu par l'usage massif des systèmes de climatisation et qui ne peut être rompu qu'à condition de penser le confort hygrothermique non pas à l'échelle du logement ou de la copropriété, mais bien à **l'échelle de l'îlot urbain et du quartier**.

Dès lors, il convient d'encourager le recours aux **systèmes de rafraîchissements passifs intégrés au bâti selon les principes du bâti tropical** (voir encadré n°7 et 8). Le rôle du maître d'ouvrage dans l'intégration de ces dispositifs (végétal vivant, choix architecturaux et choix des matériaux), dès la phase de programmation et de conception du bâtiment, est essentielle. Celui du maître d'œuvre également, puisque c'est lui qui est en charge de la bonne exécution et du respect du cahier des charges. Enfin, le bon usage par les résidents eux-mêmes complète cette « chaîne des responsabilités ». Sur ce point, les **actions de sensibilisation en faveur du recours aux bonnes pratiques** (voir encadré n°6) et le retour d'expériences relatives au vécu du résident sont des enjeux majeurs auxquels le collectif accorde une place prépondérante. **Le projet REX RTAA DOM** évoqué précédemment (encadré n°4) vise précisément à analyser les retours d'expérience relatifs à la performance des logements collectifs des Bas de La Réunion au travers d'une étude réalisée sous l'angle du confort des occupants, des questions sociologiques et de la facture énergétique des ménages.

⁸ L'enjeu relatif à la dépendance énergétique en lien avec le contexte insulaire doit également être souligné : le taux de dépendance énergétique de la Réunion était, en 2016, de 86,6 %. La sobriété en matière de consommation énergétique est un moyen pour réduire cette dépendance, et elle suppose notamment la diminution du recours aux dispositifs énergivores tels que la climatisation.



Encadré n°6 – Comment sensibiliser l’usager de manière optimale ?

Un effort de pédagogie à destination de l’usager s’impose : celui-ci doit devenir ce que le collectif a nommé un « **maître d’usage** », c’est-à-dire un usager actif (qui gère un ensemble de paramètres tels que la ventilation) dans un **bâtiment passif** (où la consommation énergétique pour l’atteinte du confort thermique est minimale).

De **nouveaux vecteurs de communication** doivent être envisagés sur le sujet du bâtiment à destination du grand public réunionnais. La radio **Free Dom Station**, créée en 1981 et qui diffuse des informations nationales et locales, est la première radio de l’île avec 35 % de part d’audience en décembre 2013 selon Médiamétrie. Il s’agit d’une bonne option pour sensibiliser la cible la plus large possible.

Encadré n°7 – Concepts clés relatifs à la sensation de confort dans le cadre du bâti tropical :

- **Confort hygrothermique** : la notion de confort thermique est incomplète, dans la mesure où elle n’intègre pas la dimension relative au taux d’humidité de l’air, qui constitue pourtant un facteur déterminant pour l’atteinte de la sensation de confort. En contexte tropical humide, il est plus pertinent de raisonner en termes de confort hygrothermique. Cela revient à considérer la **température ressentie** et pas seulement la température brute. La température ressentie est en effet liée à l’hygrométrie (teneur d’eau dans l’air), un air humide renforçant la sensation de chaleur ;
- **Ventilation naturelle** : par opposition à la ventilation mécanique contrôlée (VMC), la ventilation naturelle constitue, en zone tropicale humide, un moyen **passif** visant à rafraîchir le logement (dans la mesure où l’air permet une diminution de la température ressentie). Le moteur naturel que constitue le vent permet son tirage à travers le bâtiment ; la ventilation naturelle nécessite donc des ouvertures assez larges permettant l’entrée et la sortie de l’air qui transite dans les pièces de vie du logement.



Encadré n°8 – Les principes de mise en œuvre du bâti tropical pour l’atteinte du confort hygrothermique :

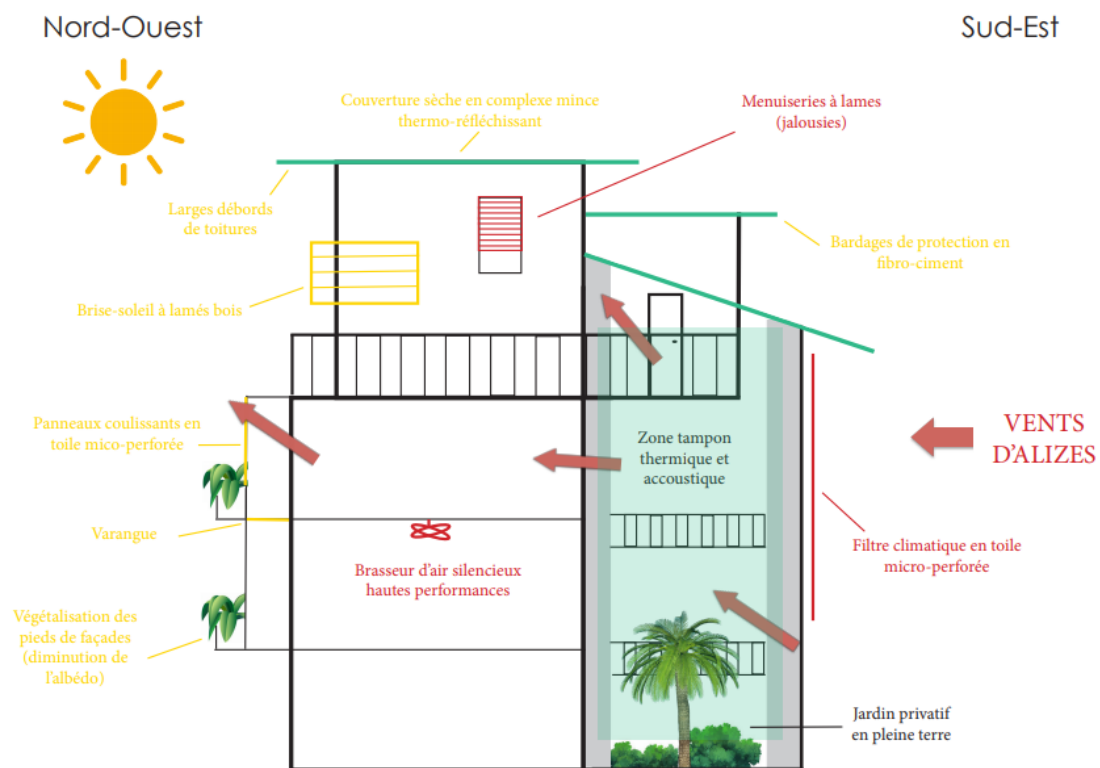


Figure 5 – Représentation des principes du bâti tropical appliqué à un logement collectif (d’après EnviroBAT-Réunion, 2014)

- 1/ **Lutter contre le rayonnement solaire** à l’aide de dispositifs réflecteurs. Cela nécessite une réflexion sur l’orientation des bâtiments, la mise en place de pare soleil (potentiellement distants des bâtiments) et l’utilisation de surfaces réfléchissantes ;
- 2/ **Valoriser la ventilation naturelle** : il existe un besoin de faire circuler l’air dans le bâtiment pour créer une sensation de fraîcheur. Ceci suppose, dès la phase de conception, d’engager une réflexion sur l’aéraulique du bâtiment, incluant notamment le végétal vivant (intégré ou à proximité du bâti) ;
- 3/ **Gérer l’hygrométrie** et ses impacts négatifs et positifs sur les caractéristiques des matériaux, notamment les propriétés relatives à la durabilité et à l’efficacité hygrothermique ;
- 4/ **Gérer les risques naturels et les parasites.**

Il existe donc un réel enjeu en matière de **connaissance des principes de construction « hygrothermo-efficaces »**, à la fois auprès du grand public (Réunionnais et métropolitains qui construisent des résidences à distance) et des maîtres d’œuvre, de manière qu’ils mettent correctement en pratique les principes du bâti bioclimatique adapté au contexte tropical humide, à toutes les phases du chantier. Ce dernier point est précisément l’objet du dispositif **REX Bâtiments performants** (voir encadré n°9).



Piste d'action 2.1 : création de support de sensibilisation pour la massification des bonnes pratiques en matière de comportements usagers pour l'atteinte du confort hygrothermique dans les logements :

L'enjeu en matière **d'amélioration des connaissances** des bonnes pratiques par l'utilisateur constitue donc un volet essentiel visant à garantir l'appropriation par les Réunionnais eux-mêmes des principes du bâti tropical. Il convient donc de **formaliser les différents retours d'expérience usagers** en réalisant une **charte des bonnes pratiques** et en élaborant des supports de sensibilisation de manière à diffuser cette connaissance.

La formation d'îlots de chaleur n'est pas exclusivement causée par le recours aux systèmes de climatisation lors d'épisodes de fortes chaleurs. Si le respect des bonnes pratiques par l'utilisateur sont déterminantes dans la lutte contre la formation des îlots de chaleur, il est tout aussi nécessaire de rappeler le **rôle du maître d'œuvre et du maître d'ouvrage à chaque phase de la construction :**

- D'une part, lors de la **phase de programmation et de conception** : la réflexion doit être conduite à plusieurs niveaux, y compris à **l'échelle du quartier**. Le caractère réflecteur de certains matériaux (qui est un élément crucial du bâti tropical) peut par exemple orienter le rayonnement solaire sur les bâtiments voisins, contribuant ainsi à les réchauffer. Les maîtres d'œuvre doivent intégrer ce type de facteurs dans les modélisations, de manière à limiter les effets de nuisance de leur propre construction ;
- D'autre part, lors de la **phase d'exécution** : le respect des chartes de bonnes pratiques et les guides élaborés à partir des retours d'expérience des différents projets menés en lien avec le programme PACTE, l'agence AQC et le CAUE (voir encadré n°9) sont autant de bases de référence en vue de la constitution d'un **socle de connaissances partagées**, qui doivent être mises à la disposition de l'ensemble des acteurs de la construction.

Si l'application des principes du bâti tropical facilite l'atteinte de la sensation de confort sur le plan thermique, il convient néanmoins de souligner que les ouvertures pratiquées dans le logement peuvent aussi être une source de nuisance pour le résident (problèmes liés au manque d'intimité ou à l'entrée intempestive de moustiques par exemple). Le modèle du bâti tropical doit donc **être constamment amélioré** de manière à en mitiger les éventuels aspects négatifs. De l'inspiration en vue de l'amélioration des modèles de construction tropicale type est à trouver dans un **benchmark des constructions traditionnelles en zone tropicale humide insulaire**. L'exemple des maisons en bois guadeloupéennes, où une cheminée permet d'évacuer la chaleur et des ouvertures garantissent l'équilibrage des pressions, est à cet égard intéressant. A La Réunion, le Domaine du Grand Hazier, de type rural bourgeois de l'époque coloniale, est un modèle en termes de bâtiment basse consommation. A noter cependant qu'un problème acoustique demeure : les habitants ont le sentiment de « vivre chez le voisin ». On retrouve ici le lien ténu entre **sociologie de l'habitat et nature et la qualité de la construction**.



Piste d'action 2.2 : Plan de végétalisation des espaces urbains et territoires ruraux :

Le matériau végétal vivant intégré au bâti rend de **nombreux services écosystémiques** qui ont été présentés dans la partie IV – A. Par ailleurs, la biomasse végétale est à la base de la **fabrication des matériaux biosourcés locaux** au cœur du projet BioRev'Tropics. L'intégration systémique du végétal dans les espaces urbains et ses alentours ruraux *via* un plan de végétalisation permet donc de lier les enjeux relatifs aux services écosystémiques rendus par le végétal vivant d'une part et son intégration dans les chaînes de valeur de l'écoconstruction d'autre part. L'élaboration d'un **plan de végétalisation** qui viserait précisément à intégrer de façon systémique le végétal dans les espaces urbains et ses alentours ruraux pourrait être lancé dans une commune pilote. Les bénéfices qu'il engendrerait seraient suivis grâce à des **indicateurs** qui auraient été définis en amont.

Piste d'action 2.3 : Développement d'un indice visant à évaluer le degré de prise en compte par les communes réunionnaises du végétal dans un bâti durable :

Dans la continuité de la recommandation évoquée précédemment, le développement **d'indices visant à évaluer le degré de prise en compte par les communes réunionnaises du végétal vivant** constitue un moyen intéressant pour encourager son intégration dans les espaces urbains, à la fois sur les toits, les façades et à proximité du bâti. Cette démarche, **nécessairement volontaire**, pourrait aboutir à la formalisation de recommandations issues des pratiques des communes les plus performantes en la matière, dans un esprit **d'amélioration globale de l'intégration du végétal vivant** aux espaces urbains.

- **La massification de la rénovation comme moyen pour lutter contre la précarité énergétique et l'effet d'étau engendré par un bâti inadapté et peu performant**

Dans le cadre du Plan de Rénovation de l'Habitat (PREH) qui vise à massifier les rénovations afin que les bâtiments soient plus **performants sur le plan énergétique**, l'application des principes du bâti tropical dans la rénovation des constructions existantes apparaît comme un moyen **d'améliorer la performance énergétique** du parc immobilier de La Réunion.

Les retours d'expérience ont montré que la massification de la rénovation pouvait entraîner une **baisse de la qualité des travaux réalisés**. Il convient donc d'élaborer des **schémas standardisés** de rénovation pour identifier, diffuser et reproduire les bonnes pratiques existantes, sur la base de systèmes de mesure éprouvés. La résolution des problèmes d'ordre technique rencontrés dans le cadre de la rénovation nécessite un **dialogue accru** entre le maître d'œuvre et le contrôleur technique (à condition qu'il ait à sa disposition les retours d'expérience et les guides de mise en œuvre), ce dernier occupant une fonction clé dans le cadre du travail de rénovation. L'utilisateur, dans le cas où il est aussi maître d'ouvrage, peut jouer un rôle essentiel dans la qualité de la rénovation (la rénovation est cependant rendue difficile pour les petits propriétaires qui se voient contraints d'engager une procédure administrative assez lourde). Un guide réalisé par l'ADEME (voir encadré n°9) propose ainsi d'accompagner l'utilisateur dans sa démarche, notamment dans le choix des artisans à qui il va devoir faire appel.



A l'instar de la programmation et de la conception, il est important que la **phase de rénovation soit réfléchi à plusieurs échelles** : outre la question des matériaux utilisés ainsi que celle de leur mise en œuvre, il convient d'intégrer à la réflexion les aspects relatifs à la **disposition des logements les uns par rapport aux autres**. En outre, il est important de **spécifier la rénovation par micro-territoire et microclimat** afin d'adapter le bâtiment au zonage thermique évoqué précédemment, pour une meilleure performance énergétique.

La qualité de la construction détermine aussi le caractère confortable et esthétique d'un quartier : il existe un lien fort entre **qualité de la construction et qualité, *in fine*, du lien social**. La rénovation d'une construction est l'occasion d'en améliorer **l'isolation phonique** et de manière générale, la réhabilitation participe à la mise en place de meilleures conditions de vie en communauté.



Encadré n°9 – Acteurs et dispositifs clés en lien avec la performance énergétique des bâtiments et le retour usager :

- **La Fondation France pour les quartiers en très forte précarité** rénove des logements tous les ans. L'enjeu est désormais qu'elle rénove à partir de matériaux locaux. Elle deviendrait ainsi l'illustration de ce lien entre lutte contre la précarité sociale et lutte contre la dégradation de l'environnement ;
- **La Certification NF Habitat exploitation** accompagne les bailleurs dans la gestion de leur parc immobilier, notamment sur la base des retours concernant la satisfaction des particuliers. Elle peut donc jouer un rôle important dans le cadre de la formalisation des retours d'expérience des usagers ;
- **Le dispositif REX Bâtiments performants**, piloté par l'AQC et cofinancé par le programme PACTE, vise à capitaliser sur les retours d'expériences en se basant sur l'audit *in situ* de bâtiments précurseurs allant au-delà des objectifs de performances énergétiques et environnementales réglementaires fixés par la RTAA DOM. Le dispositif cherche également à recueillir les témoignages des acteurs qui ont participé aux différentes phases de la construction de manière à identifier les éventuels obstacles rencontrés et valoriser les bonnes pratiques. Un partenariat initié entre le CAUE et l'agence AQC est à l'origine d'un guide des bonnes pratiques dans la conception. Les informations qu'il présente proviennent des retours d'expérience recueillis *via* la Dispositif Bâtiments performants.
- **L'outil PERENE** (PERformances ENergétiques des Bâtiments à La Réunion), développé en 2004, vise à concevoir des bâtiments tertiaires et des logements à la fois confortables et efficaces sur le plan énergétique ;
- **Le guide de l'ADEME sur la rénovation**, « Rénover son logement à La Réunion : Quels travaux, avec quels professionnels et quelles aides ? », édité en février 2017, vise à accompagner le particulier dans ses démarches de rénovation.

- **Le renforcement du lien entre générations par la transmission des savoirs et savoir-faire : enjeux sociaux et techniques autour de la formalisation des savoirs traditionnels**

L'artisanat réunionnais est **riche de savoir-faire nombreux liés au travail des matériaux locaux**, en particulier du bois et des pierres de lave. Les Centres de Formation d'Apprentis, la Chambre de l'Artisanat, ainsi que plusieurs BEP assurent la transmission d'une partie de ces connaissances. Toutefois, la fragilisation du lien intergénérationnel nuit à la transmission des connaissances relatives aux espèces végétales endémiques, pourtant essentielle à un approvisionnement local dans le cadre d'un usage du végétal intégré au bâti.

Les savoirs et savoir-faire traditionnels ont un rôle majeur dans la **conservation du patrimoine bâti** et de l'architecture créole. Certains métiers de l'artisanat, comme celui de couvreur-chaumier (qui utilisait le vétiver pour fabriquer les toits des cases traditionnelles) sont en voie de disparition. La formalisation des connaissances ancestrales constitue un levier pour multiplier les vocations en faveur de l'artisanat traditionnel. *In fine*, cela constitue aussi un moyen pour développer le recours aux matériaux locaux et participe de la préservation du patrimoine bâti réunionnais.



- **Favoriser l'insertion sociale et stimuler le développement des filières du bâti tropical en proposant à des personnes pauvres ou isolées des postes sur des maillons clés de la chaîne de valeur :**

Le modèle économique de certaines filières innovantes inclut le recours à une **main d'œuvre peu qualifiée**, notamment pour l'étape de transformation des ressources locales. C'est notamment le cas de la filière goyavier qui emploie une trentaine de personnes en réinsertion au sein d'un atelier de première transformation des bois qui y sont séchés puis usinés. Ce modèle pourrait être répliqué à d'autres filières locales, en lien avec l'organisation de formation AFD (Assistance à la Formation Professionnelle des Adultes à la Réunion). **L'emploi de personnes en réinsertion** dans le cadre des filières du bâti tropical est en conformité avec certains de ses objectifs qui visent notamment à répondre aux enjeux sociaux relatifs à l'inclusion des couches les plus défavorisées de la population réunionnaise. Le bâti tropical ne relève pas que d'une transformation des méthodes de construction : il s'agit d'une véritable opportunité pour revitaliser les territoires en proposant de nouveaux leviers pour un développement économique inclusif.



C. Adaptations et impacts du recours au bâti tropical sur les emplois, les compétences et la formation

Voici les principaux chiffres relatifs aux **emplois du secteur de la construction** à La Réunion :

- **Réalisation, gros œuvre** : 5247 actifs en emploi (en chute, en lien avec les difficultés du BTP) ;
- **Autres finitions** : 3800 actifs ;
- **Tous corps d'état** : 2300 actifs (stable)⁹.

Le recours accru aux matériaux locaux est un moyen de stimuler l'économie locale et de **créer des emplois nouveaux**.

- **Une offre de formations initiales et continues riche mais encore insuffisamment intégrée à une approche globale autour du bâti tropical**

Malgré l'absence de certains métiers et de certaines compétences, l'offre en termes de **formation initiale et continue en matière de bâti tropical est riche** et le réseau d'acteurs de la formation y est dense (voir encadré n°10). Il convient dans un premier temps d'en faire un état des lieux et d'en décrire les forces mais aussi les éventuelles lacunes et axes d'amélioration.

La thématique du bâti tropical est abordée de manière transversale depuis longtemps par les Universités, les bureaux d'étude, les maîtres d'œuvre ainsi que les formateurs aux métiers de l'artisanat, mais **jamais de manière globale et centrale**. L'offre de formation apparaît trop ponctuelle et **insuffisamment structurée** : la réalisation de **sessions de partage d'expérience et de chantiers expérimentaux** pourrait être un moyen de connecter l'ensemble des acteurs de la construction.

Des modules concernant certains aspects relatifs au bâti tropical sont proposés par des acteurs réunionnais de la formation¹⁰ :

- **Ecoconstruction** : 2 jours proposés sur chacune des formations (gestion des déchets, etc.) par le Campus des Métiers et des Qualifications ;
- **Formations RGE** : modules courts de 3 jours environ ;
- **RENOVDOM** : stage centrée sur la rénovation comptant une dizaine de stagiaires ;
- **Le module d'Ecobuilding** proposé à l'Université du Tampon avait réuni un grand nombre d'artisans de la construction. Ce module avait été l'occasion d'une présentation d'une grande variété d'échantillons de matériaux locaux innovants ;
- L'un des supports essentiels en termes de formation continue est le **MOOC** (*massive open online courses*) relatif au bâti tropical.

⁹ Chiffres donnés par le collectif lors du séminaire du 28 février 2018.

¹⁰ En termes de **salariés en formation continue**, une estimation de l'ordre de 2900 salariés pour l'année 2017 a été avancée par le collectif.



Piste d'action 3.1 : Développement d'un contenu exhaustif et centralisé relatif aux matériaux locaux et à leur mise en œuvre dans la construction en milieu tropical humide :

Il pourrait être intéressant **d'enrichir le MOOC bâti tropical** en y incluant notamment une **partie relative aux caractéristiques et à la mise en œuvre des matériaux locaux**. Le développement d'un contenu **exhaustif et centralisé** relatif aux matériaux locaux et à leur mise en œuvre dans la construction en milieu tropical humide puis l'intégration de ce contenu au MOOC bâti tropical et à d'autres supports utilisés dans le cadre de formations continues (par exemple, la plateforme PRAXIBAT) peuvent notamment être envisagés.

L'Académie de La Réunion propose une offre de formation initiale allant du niveau CAP à celui d'ingénieur ; son offre couvre un large spectre de qualifications et l'apprentissage pourrait efficacement compléter cet ensemble s'il était davantage encouragé. Le collectif rappelle sur ce sujet l'importance des **Olympiades des métiers professionnels**, le développement du **coaching de compétences** par les entreprises, et surtout le rôle de la **transmission des savoir-faire traditionnels et de l'oralité** (voir la partie dédiée dans le IV – B). Rappeler l'importance culturelle pour La Réunion de l'artisanat traditionnel constitue un moyen certainement efficace pour stimuler les vocations dans le domaine de l'apprentissage.

En termes de contenu, il manque selon le collectif un certain nombre de **formations courtes sur le diagnostic des pathologies des bâtiments**, et plus généralement sur les aspects liés à **leur entretien et maintenance**. Par ailleurs, en dépit de la variété et de la richesse de l'offre de formation initiale, celle-ci semble parfois inadaptée au contexte réunionnais car elle a été construite sur la base d'un référentiel national (ce point n'est pas sans rappeler l'enjeu déjà évoqué relatif à l'adaptation de la réglementation). Il serait en outre intéressant de développer un **BTS matériaux de construction** et un **BTS technico-commercial** permettant de former des personnes à des postes transversaux ; en capacité de jouer le rôle d'intermédiaire entre les attentes des clients finaux et les entreprises du bâtiment. **L'importance de l'approche filière** a été soulignée : l'offre de formation ne doit pas s'adresser à des métiers spécifiques mais bien à un ensemble d'acteurs, à différents stades de la chaîne de valeur.

L'enjeu principal est de pouvoir communiquer sur les résultats de ces formations et de transmettre les connaissances ; y compris pour les entreprises qui ne peuvent pas **prendre le temps de se former par ailleurs**.



Encadré n°10 – Acteurs clés de la formation en lien avec le bâti tropical :

- **L'Agence Qualité Construction (AQC)** dispose d'un pôle Observatoire qui produit des études¹¹ sur les pathologies de la construction auxquels les artisans pourraient se référer afin de **limiter les pathologies récurrentes** constatées dans les bâtiments, de **mieux connaître les nouveaux modes de construction** et **d'améliorer la coordination des différentes entreprises**. L'AQC est basée à Paris, 44 membres permanents y travaillent en vue de l'amélioration de la qualité dans la construction ;
- La Mission « **REX Bâtiments performants** » portée par l'AQC dans le cadre du programme PACTE est un dispositif à vocation opérationnelle et pratique / terrain. Ses agents rencontrent les acteurs de la construction et les forment de façon continue : ils assurent une intervention sur toute la chaîne de vie du bâtiment, en lien étroit avec les usagers et les experts, et disposent d'une base de données sur les défaillances récurrentes de la construction dans les DROM COM. L'analyse de ces données et la production de synthèses permettent **d'objectiver les retours usagers** et de consolider la définition de bonne pratique en matière de construction et de rénovation sur l'île. 46 bâtiments ont été étudiés en tout et le dispositif se poursuivra en 2018. La **mallette pédagogique** « REX Bâtiments performants », soutenue financièrement par le programme PACTE, propose un **accompagnement des formateurs selon 8 thématiques liées à l'acte de construire**. La mission a démontré :
 - **L'intérêt du recours aux matériaux locaux ;**
 - Le caractère déterminant de la **mise en œuvre ;**
 - L'importance d'une **construction adaptée aux zonages climatiques réunionnais**.
- **Le Campus des Métiers et des Qualifications** est un acteur majeur de la formation en lien avec le bâti tropical : il organise notamment des chantiers écoles dans divers pays de la zone Océan Indien et envisage d'en organiser dans d'autres pays, comme Madagascar ;
- **Qualitropic** : ce pôle de compétitivité se présente comme le **pôle de la bioéconomie en milieu tropical**. A ce titre, il fédère des acteurs de l'entreprise ainsi que du monde de la recherche afin de développer des projets collaboratifs (dont de nombreux projets en lien avec le bâti tropical) ;
- **L'école d'architecture de La Réunion** constitue un formateur de très bon niveau, et son rôle est essentiel : elle forme les architectes réunionnais de demain, c'est-à-dire ceux qui auront à réussir la transition vers le bâti tropical. Il convient dès lors de continuer à la soutenir ;
- **Le CAUE** propose également des formations en lien avec le bâti tropical, telle que la formation « Qualité environnementale du cadre bâti à La Réunion » rebaptisé depuis EnviroBAT-Réunion.

¹¹ Lien vers le pôle observatoire de l'AQC : <http://www.qualiteconstruction.com/pole-observatoire>.



Piste d'action 3.2 : Identification des futurs besoins de formation dans le cadre de la rénovation à partir de matériaux locaux :

La prospective en matière **d'évolution des besoins de la formation** constitue un enjeu phare de la thématique relative à l'emploi et aux compétences en lien avec le bâti tropical et le recours aux matériaux locaux. La réalisation d'un **cahier des tendances** sur l'évolution de la disponibilité à moyen et long terme en ressources locales qui intégrerait également les **points de vigilance en matière de rénovation** (par exemple les toitures, qui sont les premières à souffrir du recours aux matériaux low-cost) constituerait une base à l'identification des **métiers d'avenir** pour lesquels il est prioritaire d'envisager le développement de formations adaptées.

- **Une meilleure identification des besoins des entreprises pour cibler les métiers et compétences manquants**

Les entreprises éprouvent des difficultés à **identifier les compétences** qu'elles doivent développer chez leurs salariés et il est important de les aider à y parvenir.

Le CARIF-OREF a notamment élaboré des outils qui constituent une base en vue du développement d'une vision analytique et de l'expertise des besoins des entreprises en termes de compétences attendues pour leurs salariés. En outre, les **visites d'entreprises** par les acteurs de la formation continue peuvent être un moyen intéressant de mieux comprendre et caractériser les attentes de ces dernières en termes de formation pour leurs salariés.

Les maîtres d'ouvrage sont confrontés non pas seulement à l'absence de certaines compétences mais bien à une **pénurie de métiers** (les poseurs de carrelage, par exemple, sont difficiles à trouver). La **dégradation de l'image des métiers manuels** est souvent un facteur explicatif à la crise des vocations. Les maîtres d'ouvrage désireux de construire à partir de matériaux locaux trouvent peu d'entreprises qualifiées. En retour, celles-ci n'éprouvent pas le besoin de former leurs salariés car peu de chantiers de ce type sont proposés. Ce cercle vicieux aboutit à une **baisse générale du niveau des qualifications** pour la mise en œuvre des matériaux locaux.

Piste d'action 3.3 : Valorisation des métiers en lien avec le bâti tropical :

La **restauration de l'image des métiers manuels** et notamment des métiers manuels en lien avec le bâti tropical constitue un enjeu majeur. Des **actions de communication** doivent être entreprises de manière à réhabiliter ces métiers, notamment en rappelant le lien culturel fort qui les lie aux savoirs et techniques d'antan. A cet égard, le développement de supports de communication rappelant ce lien et qui viseraient à **valoriser les métiers du bâti tropical**, puis leur **intégration à une caravane des métiers itinérante**, constitue un exemple d'actions qui permettrait de toucher une cible assez large.

Le manque de compétences spécifiques s'explique aussi par des défaillances qui ne relèvent pas de facteurs organisationnels, mais bien de **paramètres liés au modèle économique** du secteur de la construction à la Réunion (voir encadré n°11).



Encadré n°11 – Facteurs économiques expliquant le manque de compétences et de formations pour le bâti tropical :

- Les entreprises n'ont pas forcément **d'intérêt financier immédiat à former leurs employés** pour la mise en œuvre de matériaux locaux, simplement car cette compétence est assez peu demandée par les maîtres d'ouvrages ; la rentabilité économique des formations est trop incertaine pour inciter les artisans à se former ou à former leurs employés ;
- C'est le **prix global de la construction** qui détermine le **type et la qualité des matériaux** employés. Un pouvoir d'achat limité explique en partie le choix des maîtres d'ouvrage de se tourner plutôt vers les matériaux importés à plus faible coût (voir partie I- A) ;
- **La marge de manœuvre du client dans le choix des matériaux est minime**, voire nulle puisque ce dernier choisit la plupart du temps des modèles de maisons clés-en-main intégrant des matériaux importés.

Il convient dès lors de renforcer l'accès au marché des matériaux locaux. Les leviers évoqués dans la partie IV – A relatifs à la **commande publique** peuvent être mobilisés : dans le cadre de la commande publique, le maître d'ouvrage est décideur intégral du cahier des charges et de l'exécution des travaux. C'est donc un levier intéressant pour accroître le recours aux matériaux locaux et aux principes du bâti tropical dans la construction.

Les **aides financières** publiques constituent un autre levier qu'il convient d'activer de manière à éviter la baisse des qualifications liées aux pressions exercées par la recherche des prix les plus bas. En termes de canaux de financement, des fonds européens tels que le **FEDER** peuvent être envisagés. Les projets de rénovation à financer du fait d'un enjeu touristique pourraient être identifiés en lien avec la direction du Tourisme du conseil régional.

La diversification des entreprises et leur montée en compétences sur les sujets relatifs au bâti tropical représente un **avantage concurrentiel**, argument qui demeure à ce jour très insuffisamment mis en avant.

- **Un écosystème d'acteurs du bâtiment qui doit être davantage structuré et organisé pour répondre aux défis de la transition vers le bâti tropical**

La coordination entre maîtres d'œuvre, bureaux d'étude et assistants à maîtrise d'ouvrage a été décrite comme relativement déficiente. Selon les participants, les résultats d'une telle absence de coordination se constatent à court et moyen terme : certains bâtiments qui ont moins de 10 ans doivent déjà subir des rénovations. Du fait de cette assez mauvaise coordination entre les acteurs du BTP, la reprise éventuelle en milieu de chantier, par une autre entreprise, peut être déficiente. Cela nuit à la continuité du processus constructif et à la qualité du produit final.

La réalisation d'une **enquête** sur ce point permettrait de faire la lumière sur les défaillances du fonctionnement global du réseau des maîtres d'œuvre et artisans. De manière générale, une **meilleure coordination chantier** est attendue pour permettre un partage accru des retours d'expérience.

Une meilleure coordination des artisans entre eux suppose la constitution de **groupements** (et la mise en commun des compétences permettant d'éviter les



redondances) et de **centres de ressources** en mesure de délivrer de l'information aux entreprises et d'aider le particulier dans son parcours. Le fonctionnement de telles plateformes (modèle de la Plateforme Territoriale de La Rénovation Énergétique, la PTRE, peut être envisagé) ne pourra être optimal qu'à condition que les territoires fassent preuve d'un réel **volontarisme politique en faveur d'un recours accru aux matériaux locaux et aux principes du bâti tropical**.

Les projets soutenus par le programme PACTE (voir encadré n°12) ont un rôle majeur à jouer, puisqu'ils permettent de familiariser le secteur de la construction aux bonnes pratiques environnementales en lien avec la performance énergétique. En contexte tropical humide, ces projets visent donc à ce que les acteurs du bâtiment soient sensibilisés aux principes du **bâti tropical**.

Encadré n°12 – Projets s'inscrivant dans le Programme d'Action pour la qualité de la construction et la Transition Énergétique (PACTE) :

- Intégrer l'influence de l'environnement urbain pour construire durable dans les DROM et les COM : focus sur la ventilation naturelle et la maîtrise simultanée de l'aérodynamique à l'échelle urbaine / à l'échelle du bâtiment (Solener, ARMINES, Imageen, ACAPA) ;
- **GEPETO** – Guide des Procédés d'enveloppe pour la performance énergétique et thermique des constructions d'Outre-mer (CSTB, Explicit Caraïbes) ;
- **JACO** – Des jardins pour le confort : identifier et qualifier le rôle du végétal sur le confort dans les bâtiments (LEU Réunion, Laboratoire Aérodynamique EIFFEL, Delhom Acoustique, Jacques Gandemer, Laboratoire Piment) ;
- **METROCLIM** – Changement des pratiques d'usage de la climatisation dans les bâtiments tertiaires en DROM (COSTIC, Imageen, LEU Réunion, Université de la Réunion) ;
- **TROPICLIM Energy Carbon** – Favoriser l'émergence de la climatisation efficace dans le tertiaire à La Réunion : dimensionnement des équipements et choix des technologies (Green Tech, Eneritech).



D. Bâti tropical et nouvelles perspectives à l'export :

- **L'identification et la connaissance des acteurs clés à solliciter comme préalable des démarches des entreprises**

La méthodologie en place pour favoriser l'export repose sur trois volets : identification de l'entreprise désireuse d'exporter un savoir-faire spécifique, qualification de sa capacité à exporter et enfin accompagnement à l'export.

- **La DIECCTE analyse l'offre locale susceptible de répondre à la demande étrangère**

La DIECCTE est plus directement concernée par le volet lié à l'identification et joue le rôle de facilitateur : elle identifie les **entreprises en capacité de répondre** aux besoins des clients étrangers puis elle met l'ensemble des acteurs en relation.

Les compétences très spécifiques peuvent être exportées par des PME, mais elles ont encore **peu le réflexe de passer par les acteurs institutionnels** pour trouver des marchés internationaux, contrairement aux entreprises de grande taille. De ce fait, les PME constitue une cible prioritaire aux actions d'information au sujet du rôle de la DIECCTE.

Dans son rapport d'étonnement, la DIECCTE a rappelé le **grand nombre de savoir-faire disponibles à La Réunion, mais qui demeurent difficiles à identifier et à cartographier**. Elle a par ailleurs dressé une **typologie des zones de destination à l'export**, décomposée de la façon suivante : d'une part les pays insulaires avec lesquels la coopération est déjà engagée autour de la zone Océan Indien (Madagascar et Maurice) et d'autre part plus globalement tous ceux de la zone intertropicale humide à fort potentiel en termes d'intérêt à l'export.

- **La Maison de l'Export accompagne les entreprises dans leurs démarches**

La Maison de l'Export est une structure constituée du **Club Export, d'une équipe issue du Conseil régional et d'une équipe issue de la Chambre du Commerce et de l'Industrie (CCI)**. Il s'agit d'un nouveau service du conseil régional spécifiquement en charge des volets relatifs à la **qualification et à l'accompagnement**.

Les prestations proposées par la Maison de l'Export sont de type **conseil**. Elle propose notamment une aide à la lecture et à l'éligibilité des aides à l'export (qui sont très nombreuses et difficiles à identifier). Son rôle consiste en outre à offrir **un guichet unique** aux entreprises et à les orienter vers les acteurs les plus pertinents pour les aider à identifier les zones prioritaires de prospection. Enfin, la Maison de l'export met sa liste de contacts d'acteurs étrangers à la disposition des entreprises.

Une autre des missions de la Maison de l'Export vise à constituer des **collectifs d'entreprises** de manière à optimiser leur positionnement dans les réponses aux appels d'offre internationaux. Dans ce cadre, elle participe au montage des dossiers de financement FEDER.



- **La Chambre des métiers participe de la mise en relation entre les entreprises**

La Chambre des métiers joue **un rôle dans la mise en relation entre acteurs locaux**. Elle a une **connaissance fine des sujets techniques** et cette expertise fait d'elle un acteur clé pour l'identification des offreurs de solution les plus pertinents qui sont en mesure de se positionner sur des appels d'offre étrangers.

En outre, la Chambre des métiers dispense des formations à l'étranger. Elle dispose de ce fait d'une bonne connaissance des besoins existant, et donc des **opportunités commerciales** qui leur sont associées.

- **La présentation d'une offre collective et identifiable sur le thème du bâti tropical est une condition de la réussite de La Réunion à l'export**

Il convient de rappeler qu'une entreprise souhaitant se lancer dans l'export doit bien-sûr avoir démontré en amont la maturité de son modèle économique au niveau local.

Pour que l'offre réunionnaise en matière de bâti tropical s'exporte, elle doit parvenir à se structurer. La constitution de groupements incluant l'ensemble des acteurs économiques désireux d'exporter leur savoir-faire ou leur expertise (bureaux d'étude, artisans, architectes, etc.) autour de **pavillons ou de labels**, est un moyen pour créer **une identité réunionnaise associée au bâti tropical**, facilement identifiable.

Pour des groupements ayant atteint une masse critique suffisamment importante, le recours à des programmes d'accompagnement à l'export ou la participation à des salons internationaux (voir encadré n°13) peut s'avérer un moyen intéressant pour **catalyser l'internationalisation** des entreprises.

Le **transfert de technologie** constitue une opportunité intéressante pour les entreprises réunionnaises : le passage d'un prototype développé par une université étrangère au stade de produit pourrait être réalisé par une entreprise réunionnaise.

Le collectif a insisté sur le fait que l'export est indissociable de l'import et qu'il est important de développer des **coopérations dans les deux sens**.

Encadré n°13 – Programmes et événements en lien avec l'export :

- **Le PRIE** (plan région d'internationalisation des entreprises) vise à renforcer l'action des régions en matière d'identification et d'accompagnement des entreprises à l'export. Ils organisent sur leur territoire le dispositif d'appui à l'export en associant l'ensemble des acteurs concernés : la Banque publique d'investissement (BPI) incluant le réseau régional d'Ubifrance, les chambres de commerce et d'industrie et les pôles de compétitivité ;
- **BATIMAT** : soutenu par l'ADEME, BATIMAT est le plus grand salon de la construction au monde. Il rassemble tous les ans un grand nombre de professionnels français et internationaux dont des promoteurs, des prescripteurs, des maîtres d'œuvre et des distributeurs.



Piste d'action 4.1 Création d'un stand bâti tropical au salon BATIMAT 2019 :

La participation d'acteurs (institutions, laboratoires, école d'architecture, organismes de formation, gestionnaire de ressource, prescripteur, architectes, BE, industries de transformation, entreprises de maîtrise d'œuvre, distributeurs, assureurs...) au **salon BATIMAT 2019** a été envisagée. L'enjeu majeur associé à la participation à ce salon est celui d'une concrétisation de l'offre réunionnaise en matière de bâti tropical, qui y apparaîtrait aux yeux des acteurs de la construction (et à terme aux yeux du grand public), comme **structurée, cohérente et clairement identifiable**. Naturellement, cette participation constituerait en outre une porte d'entrée à l'export et serait une occasion pour nouer des partenariats commerciaux stratégiques.

Piste d'action 4.2 : Mise à jour d'une étude sur les potentiels des entreprises à l'export :

En amont de la participation au salon BATIMAT 2019, il convient préalablement de **mettre à jour les études relatives au potentiel des entreprises à l'export** de manière à bien identifier la capacité réelle des entreprises à exporter leur savoir-faire ou leur expertise. **L'analyse des marchés cibles** en fonction du **positionnement des acteurs réunionnais** permettrait de déterminer les débouchés envisagés et de correctement présélectionner les entreprises réellement en capacité de proposer une offre solide et conséquente.

Piste d'action 4.3 : Marketing territorial de l'expertise bâti tropical réunionnaise :

De la même manière, l'élaboration **d'outils de communication** (site, plaquettes, vidéo, etc.) visant à mettre en valeur l'offre réunionnaise en matière de bâti tropical constitue une étape préalable au succès de l'opération BATIMAT 2019.



V. Annexes

CARTOGRAPHIE DES ACTIONS

Légende :

Action déjà en cours ou facile à mettre en œuvre

Action nouvelle ou difficile à mettre en œuvre

Action à long terme et/ou prospective

Action inspirée des études précédentes

Action formulée lors du diagnostic du projet

Action imaginée lors du premier séminaire

1.

- 1.1. Privilégier un sourcing plus local des espèces utilisées par les paysagistes pour l'aménagement et l'intégration du végétal à la construction (expertise de LEU);
- 1.2. Encourager le développement des GME (groupements momentanés d'entreprises), pour renforcer l'accès des entreprises aux marchés;
- 1.3. Systématiser / généraliser les études d'identification des déchets comme celle réalisée par le CINCR;
- 1.4. Profiter de l'expertise de spécialistes de la végétalisation comme Patrick Blanc;
- 1.5. Conduire une étude (Université de La Réunion) afin de mesurer et d'objectiver l'intérêt d'un recours aux parois / toits végétalisés;
- 1.6. Mener des études de marché précises sur les filières (amont, transformation et aval de la chaîne de valeur);
- 1.7. Caractériser et structurer l'amont de ces filières : passer un CODEC avec l'ADEME, le premier dans les DROM COM, afin de déterminer précisément sur quels volumes il est possible de développer les filières des matériaux locaux; affiner et homogénéiser la connaissance des gisements réels autour des 25-30 ressources identifiées par le collectif BIOREV TROPICS, pour parvenir à la constitution d'un atlas accessible à tous les acteurs susceptibles de contribuer à la formalisation des filières;
- 1.8. Répondre aux futurs appels à projet sur les grandes filières stratégiques;
- 1.9. Etudier la possibilité d'une réintroduction du torchis;
- 1.10. Mener une étude (DIECOTE, Maison de l'Espoir) sur le coût véritable de l'importation des matériaux de construction par rapport au scénario qui serait engendré par la production de matériaux locaux;
- 1.11. Filière palettes : adopter la stratégie mise en place pour la filière goyavier avec des ateliers d'insertion pour la transformation des palettes;
- 1.12. Réaliser des supermarchés du recyclage dans lesquels il serait possible de se fournir en matériaux recyclés locaux (attention : question de la responsabilité);
- 1.13. Mettre en place un centre de ressources à destination des TPE/PME de la filière bâti tropical, pour encourager / faciliter la création de GME (groupements momentanés d'entreprises);
- 1.14. Sensibiliser les maîtres d'ouvrage pour que les marchés publics soient configurés favorablement aux GME.

2.

- 2.1. Répondre aux appels à projet du PIA 3 régionalisé en cours;
- 2.2. Reconnecter avec le PRIE (programme régional d'internationalisation des entreprises);
- 2.3. Impliquer des acteurs clés en matière de coopération internationale, AFD et FCR, dans la recherche de financements pour toute la région du grand Océan Indien;
- 2.4. Solliciter des financements éventuellement mobilisables pour aider à l'internationalisation des entreprises réunionnaises : Conseil Régional, Maison de l'export et ADEME;
- 2.5. Lancer une action de recensement exhaustif de toutes les aides locales et nationales pouvant être actionnées pour contribuer au développement de la filière;
- 2.6. Proposer des aides publiques permettant le financement de prestations « Design to Cost » pour améliorer la compétitivité à l'export des entreprises réunionnaises;
- 2.7. Créer des groupes de réflexion sur la détermination de méthodes pour limiter les effets pervers et de distorsion du marché de la construction;
- 2.8. Créer une subvention municipale pour la plantation d'arbres en ville;
- 2.9. Intégrer le coût global de la construction à la réglementation (ACV, coûts pour la santé pour l'environnement et l'économie locale) pour faire ressortir les intérêts du recours aux matériaux locaux.

3.

- 3.1. Développer les extensions hybrides matériaux locaux / conventionnels en se basant sur le projet CONVEX – Construction d'une varangue en extension ou « saillant vers l'extérieur » qui développe des prototypes d'extensions légères en réhabilitation d'habitations collectives bois métal (Erdem Architecture, CMOI);
- 3.2. Intégrer l'influence de l'environnement urbain pour construire durable dans les DROM COM : effectuer un focus sur la ventilation naturelle et la maîtrise simultanée de l'aéraulique à l'échelle urbaine / à l'échelle du bâtiment (Solener, ARMINES, Imageen, ACAPA);
- 3.3. Objectiver l'intérêt des matériaux locaux grâce aux travaux du TEC-TEC : Tropical Energy Carbon – Réduction qui met au point une méthode bas carbone basse énergie pour les bâtiments tertiaires en zone tropicale et qui est portée par l'Université de la Réunion, AIA Architectes, Imageen, BCO2 Ingénierie et la LEU Réunion;
- 3.4. Développer l'intérêt du recours aux matériaux locaux en matière de cycles de vie grâce à TROPICACV, qui consiste en l'application de la démarche d'ACV à des opérations réunionnaises (bâtiments résidentiels collectifs);
- 3.5. Développer les isolants biosourcés grâce à ISOBIODOM – Isolants biosourcés dans les départements d'Outre-mer (CIRBAT, FCBA, CSTB);
- 3.6. Constituer un groupe de travail pour explorer la mobilisation et la valorisation du bambou, matériau tropical par excellence, sous ses différentes formes / applications, en lien avec la filière bâti tropical (en tenant compte des opportunités en matière de traitement des eaux usées);
- 3.7. Constituer un groupe de travail pour explorer la mobilisation et la valorisation de la bagasse, notamment sous forme de matériau de construction biosourcé local pouvant alimenter la filière bâti tropical (ENTPE / CAUE / BioBat);
- 3.8. Faire de la Réunion un site expérimental du projet RAFAL porté par Nomadéis et le CEREMA Ouest, dont l'objectif est de caractériser la contribution du végétal à la performance environnementale du bâti et de déterminer les conditions de structuration d'une filière de l'amont (mobilisation de biomasses) à l'aval (mise en œuvre de solutions performantes par les entreprises du bâtiment et du paysage).

4.

- 4.1. S'appuyer sur les travaux du laboratoire PIMENT qui réalise des études de l'efficacité énergétique des enveloppes, qualité d'air et confort des bâtiments construits avec des matériaux biosourcés;
- 4.2. Profiter des retours d'expérience de REX RTAA DOM sur la réglementation thermique aéraulique et acoustique des DOM dans les logements à La Réunion (Imageen, CAUE, LEU Réunion, Ipsos, TEEC);
- 4.3. Collaborer avec la certification NF Habitat exploitation qui accompagne des bailleurs dans la gestion de leur parc immobilier, notamment sur la base des retours concernant la satisfaction des particuliers, afin d'identifier les points clés dans les retours usagers concernant les matériaux locaux.

6.

- 6.1. Profiter de l'expertise d'ENVROBAT Réunion, un espace d'échanges de savoir et savoir-faire entre les professionnels du cadre bâti en milieu tropical humide (CAUE);
- 6.2. Utiliser la Caravane des Métiers pour revaloriser certains métiers clés liés au bâti tropical. Combiner ces actions à celles déjà existantes des Olympiades des Métiers;
- 6.3. Cartographier l'offre de formation en lien avec le bâti tropical et le recours aux matériaux locaux, en privilégiant une approche aussi large que possible de ces thématiques;
- 6.4. Définir les formations nécessaires en adéquation avec les besoins du secteur du bâti (Accords-Cadres) à partir d'un bilan des formations initiales afin de déterminer celles qui manquent;
- 6.5. Faciliter la transmission de savoir-faire tout au long de la chaîne de valeur : développer les compétences à travers les relations maîtres d'ouvrage / maîtres d'ouvrages / entreprises en mettant en place des formations de formation et monter en compétences dans le suivi de chantier;
- 6.6. Réaliser une plaquette / un kit de présentation simple des grands principes du bâti tropical et rôle des matériaux;
- 6.7. Développer un module « matériaux locaux » dans le programme du MOOC Bâti Tropical soutenu par l'ADEME / Enrichir la dimension matériaux du module bâti tropical au sein du MOOC de l'ADEME;
- 6.8. Mieux expliquer et valoriser les métiers du bâti tropical, notamment auprès des jeunes, en mettant en avant des « cas d'usage » voire en identifiant et en formant des « ambassadeurs »;
- 6.9. Développer les passerelles entre institutions et acteurs de tous profils concernés par les thématiques BIOREV TROPICS, grâce à la création d'un programme annuel de travail et de rencontres;
- 6.10. Développer une série de charters dédiés en lien avec le sujet du bâti tropical;
- 6.11. Organiser un salon sur les matériaux biosourcés / locaux et le bâti tropical à La Réunion, comprenant un programme réservé aux professionnels et également une ouverture au grand public;
- 6.12. Aider les entreprises à mieux anticiper leurs besoins de recrutement dans une logique de GPEC (gestion prévisionnelle des emplois et des compétences);
- 6.13. Compléter et diffuser un guide à destination des entreprises et des jeunes;
- 6.14. Produire un cahier « savoirs communs » sur le sujet du bâti tropical;
- 6.15. Expertise France : positionner des experts réunionnais sur la thématique du bâti tropical;
- 6.16. Mieux comprendre les référentiels nationaux (éducation nationale) et anticiper les nouveaux référentiels intégrant les spécificités locales;
- 6.17. Prévoir une action sur le sujet de l'oralité et de la transmission des savoirs en lien avec le bâti tropical et l'utilisation de matériaux locaux.

7.

- 7.1. S'appuyer sur les recommandations de REPER – Réhabilitation et performance : 2 opérations de rénovation de logements sociaux qui vont donner lieu à un guide méthodologique d'intégration des prescriptions environnementales dans les futurs projets de réhabilitation (LEU Réunion, Laboratoire EFFEL, Dethom Acoustique, Azimut Monitoring, SIDR, SHLMR, mairie de Saint Benoît);
- 7.2. Numériser le guide de mise en œuvre des isolants à La Réunion (CIRbat, Université de La Réunion, Région La Réunion);
- 7.3. Pour affiner la connaissance de l'existant et éviter les contre-évidences sur certains matériaux (ex : ouate de cellulose), renforcer les actions d'analyse rétrospective comme le travail d'analyse des défauts de mise en œuvre dans les bâtiments mené par le CAUE et en fonction des enseignements de ces analyses, élaborer et conduire des formations;
- 7.4. Mutualiser les résultats et les expérimentations des projets en cours liés au programme PACTE : GEPETO – Guide des Procédés d'enveloppe pour la performance énergétique et thermique des constructions d'Outre-mer (CSTB, Explicit Caribes), JACO – « Des jardins pour le confort » (LEU Réunion, Laboratoire Aérodynamique EFFEL, Dethom Acoustique, Jacques Gandemer, Laboratoire Piment), METROCLIM – Changement des pratiques d'usage de la climatisation dans les bâtiments tertiaires en DROM (COSTIC, Imageen, LEU Réunion, Université de la Réunion) et TROPICLIM Energy Carbon – Développement de l'émergence de la climatisation efficace dans le tertiaire à La Réunion : dimensionnement des équipements et choix des technologies (Green Tech, Eneritech);
- 7.5. En s'appuyant sur les travaux de l'ADEME, définir une méthode de standardisation pour masquer la rénovation énergétique sur l'île en proposant des actions de rénovation utilisant des matériaux locaux dans des quartiers pilotes selon une approche modulaire, basée sur une typologie simplifiée :
 - A/ Petits aménagements (ex : installation de probés mobiles permettant de limiter l'exposition solaire tout en maximisant la ventilation, par exemple des panneaux de bois);
 - B/ Petits travaux (ex : isolation des toitures en pente, installation de menuiseries traditionnelles);
 - C/ Gros aménagements (ex : panneaux isolants pour se protéger du froid dans les hauts de la Réunion);
- 7.6. Affiner et mieux documenter les contraintes d'usage des différents matériaux locaux selon les différents contextes locaux spécifiques sur le territoire réunionnais (cf. critères d'altitude, d'humidité, micro climats locaux...);
- 7.7. Redéfinir le Projet ACERBAT – évaluation de la conformité des matériaux biosourcés (normes et référentiels) qui a suspendu ses activités d'organisme certificateur en 2013.

8.

- 8.1. Organiser un séminaire d'information avec les départements concernés des collectivités et autres acheteurs pour travailler sur l'utilisation concrète du levier de la commande publique pour promouvoir les matériaux et associer pour cette action le Haut Conseil de la Commande Publique. Solliciter les services marchés des différentes collectivités;
- 8.2. Encourager une démarche proactive et non attendue en matière d'innovation sur la performance énergétique de la construction : les initiatives des DROM seraient ainsi plus susceptibles d'être directement intégrées à la réglementation et il serait fait l'économie du délai d'adaptation.

Structuration des filières (14 actions)

Perception et retours usagers (3 actions)

Formation et connaissance (17 actions)

Aspects financiers et économiques (9 actions)

Aspects techniques de la construction (7 actions)

Innovation (8 actions)

Communication / marketing territorial (5 actions)

65 pistes d'actions identifiées par le projet BioRevTropics

- 5.1. Apporter une contribution aux assises de l'outre-mer;
- 5.2. Conduire une opération pilote visant à valoriser l'utilisation de matériaux locaux dans un ensemble de bâtiments et de mobilier urbain au cœur d'une zone touristique (Biorat et montagne);
- 5.3. Constituer une délégation d'acteurs réunionnais et financer son déplacement à Paris en octobre 2018 à l'occasion du congrès FIBRA INNOVATION;
- 5.4. Créer une identité collective à l'export pour encourager la mobilisation des acteurs et le rayonnement de la filière réunionnaise, avec une présentation de cette identité collective à l'occasion de BATIMAT en novembre 2019;
- 5.5. Créer un film donnant la parole aux acteurs et parties prenantes clés de la filière réunionnaise pour faciliter la communication locale et renforcer l'image de La Réunion pour l'export : faire un atelier en juin pour présenter le sujet et réaliser un budget avec KERKYA autour de 3 questions clés (les défis actuels, les actions qui vont dans le bon sens, et celles qui sont nécessaires pour l'avenir).



A. Plan d'actions

Actions sélectionnées dans le cadre de la thématique R&D Innovation

Intitulé de l'action et étapes structurantes	Porteurs et partenaires envisagés	Périmètre géographique	Budget indicatif
<p>1.1 Etude sur l'intégration des externalités environnementales et sociales du recours aux matériaux importés par rapport au surcoût lié à la production de matériaux locaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Etat de l'art ; • Ciblage des filières à étudier ; • Etude économique environnemental. 	<p>BIOREV (Nomadéis), DIECCTE ...</p>	<p>DROM COM de la zone tropicale humide</p>	<p>35 - 50 k€ (en fonction du nombre de filières étudiées)</p>
<p>1.2 Développement de bétons végétaux (MBV Tropics) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Etude sur la disponibilité de la ressource ; • Conception puis caractérisation des bétons végétaux ; • Intégration des bétons au bâti tropical ; • Développement produit et passage à l'échelle industrielle ; • Détermination de l'intérêt du recours à ces bétons végétaux en zone tropicale. 	<p>ENTPE, BIOREV (BioBuild), CIRBAT, PIMENT, CIRBAT...</p>	<p>Zone tropicale humide</p>	<p>2 - 3 millions d'euros</p>
<p>1.3 Etude des caractéristiques relatives à l'isolation des matériaux composites et soutien au passage à l'échelle industrielle :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caractérisation des propriétés des matériaux composites (cf. étude menée dans le cadre d'ISOBIODOM) ; • Aide au passage à l'échelle industrielle pour la production des isolants identifiés dans le cadre du projet ISOBIODOM. 	<p>BIOREV (BioBuild), CIRBAT...</p>	<p>Ile de La Réunion</p>	<p>150 k€</p>
<p>1.4 Structuration et développement d'une filière bambou locale :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Etude du gisement pour chaque variété disponible ; • Etude technico-économique : caractérisation de la qualité des variétés dans le cadre d'un usage en construction ainsi que des débouchés, et dimensionnement de l'unité de transformation ; • Structuration de la filière et recherche des conditions et moyens du passage à l'échelle industrielle. 	<p>Collectif Bambou (association en cours de création), BIOREV (Nomadéis / BioBuild) ...</p>	<p>A déterminer (île de La Réunion ou sa zone de chalandise / Océan Indien)</p>	<p>150 k€</p>



Actions sélectionnées dans le cadre de la thématique comportement et usages

Intitulé de l'action et étapes structurantes	Porteurs et partenaires envisagés	Périmètre géographique	Budget indicatif
<p>2.1 Création de support de sensibilisation pour la massification des bonnes pratiques en matière de comportements usagers pour l'atteinte du confort hygrothermique dans les logements</p> <ul style="list-style-type: none"> Formaliser une charte des bonnes pratiques en se basant sur les retours d'expériences usagers (REX RTAA DOM) ; Elaboration de supports de sensibilisation. 	CAUE	Ile de La Réunion	30 - 40 k€
<p>2.2 Plan de végétalisation, dans une démarche systémique d'intégration des enjeux relatifs au caractère végétal de la ville et de ses alentours ruraux pour une meilleure intégration et utilisation de la biomasse dans les chaînes de valeur de l'écoconstruction au cœur des villes et la valorisation des services écosystémiques (qualité de l'air, lutte contre l'érosion des sols, séquestration carbone, etc...) rendus par ces végétaux selon les configurations et les espèces :</p> <ul style="list-style-type: none"> Constitution d'un atlas de la végétalisation (cartographie des végétaux à employer en fonction des villes / territoires concernés) ; A partir de l'atlas, végétalisation d'une commune pilote. 	BIOREV (LEU)...	Commune pilote de La Réunion	100 k€
<p>2.3 Développement d'un indice visant à évaluer le degré de prise en compte par les communes réunionnaises du végétal dans un bâti durable (toitures et façades végétalisées, lutte contre les îlots de chaleur urbain, etc...)</p> <ul style="list-style-type: none"> Elaboration d'un indice sur la base des données en accès libre ; Classement des villes à partir de leur indice calculé ; Création d'un label et analyse des retours d'expérience des villes leaders. 	BIOREV (LEU / Nomadéis), DEAL...	Ensemble des communes de La Réunion	90 k€
<p>2.4. Intervention du collectif BIOREV (préparation de contenus dédiés : benchmark Océan) dans le cadre d'une série de séminaires en lien avec la construction :</p> <ul style="list-style-type: none"> Salon du Bâtiment ; FIBRA INNOVATION ; Salon de la Maison ; Séminaire sur le bâti tropical ; RIDD. 	BIOREV (Nomadéis), FRBTP...		30 k€



Actions sélectionnées dans le cadre de la thématique Emplois - Compétences

Intitulé de l'action et étapes structurantes	Porteurs et partenaires envisagés	Périmètre géographique	Budget indicatif
<p>3.1 Développement d'un contenu exhaustif et centralisé relatif aux matériaux locaux et à leur mise en œuvre dans la construction en milieu tropical humide</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elaboration d'une caisse à outil « matériaux locaux » ; • Intégration de ce contenu au MOOC bâti tropical et à d'autres supports utilisés dans le cadre de formations continues (par exemple, la plateforme PRAXIBAT) ; • Aide à la création d'une plateforme bien référencée d'hébergement et de centralisation du contenu créé. 	<p>ADEME, Campus des Métiers, BIOREV (BioBuild), SOLENER...</p>	<p>Zone Tropicale Humide francophone</p>	<p>50 k€</p>
<p>3.2 Identification des futurs besoins de formation dans le cadre de la rénovation à partir de matériaux locaux</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réalisation d'un cahier des tendances sur l'évolution de la disponibilité à moyen et long terme des ressources et sur les points de vigilance en matière de rénovation (toitures, coût à terme du recours aux matériaux low-cost) ; • Détermination des formations d'intérêt en fonction des futurs besoins / de l'évolution de la disponibilité en ressources locales. 	<p>LEU, CAUE, DARON DPLG...</p>	<p>Ile de La Réunion</p>	<p>40 k€</p>
<p>3.3 Communication : valorisation des métiers en lien avec le bâti tropical</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réalisation d'une caravane des métiers itinérante ; • Elaboration de supports de communication 	<p>Campus des Métiers...</p>	<p>Ile de La Réunion</p>	<p>10 k€</p>



Actions sélectionnées dans le cadre de la thématique Export

Intitulé de l'action et étapes structurantes	Porteurs et partenaires envisagés	Périmètre géographique	Budget indicatif
<p>4.1 Création d'un stand bâti tropical au salon BATIMAT 2019</p> <ul style="list-style-type: none"> • Présélection d'une trentaine d'acteurs (institutions, laboratoires, école d'architecture, organismes de formation, gestionnaire de ressource, prescripteur, architectes, BE, industries de transformation, entreprises de maîtrise d'œuvre, distributeurs, assureurs...) • Montage d'un partenariat avec BATIMAT ; • Accompagnement des entreprises exposantes ; • Création de conférences et contacts commerciaux ; • Suivi et appui post-salon. 	Qualitropic, maison de l'Export, Club de l'Export, Conseil Régional, Entreprises, Nomadéis	Ile de La Réunion	250 k€
<p>4.2 Mise à jour d'une étude sur les potentiels des entreprises à l'export</p> <ul style="list-style-type: none"> • Etat de l'art ; • Analyse des marchés cibles en fonction du positionnement des entreprises manifestant de l'intérêt pour l'export ; • Etude des marchés cibles. 	AFD	Ile de La Réunion	50 k€
<p>4.3 Marketing territorial de l'expertise bâti tropical réunionnaise</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mise en place des outils de communication : site, plaquettes, vidéo, etc. ; • Analyse des canaux de diffusion. 	BIOREV (LEU / Nomadéis), DEAL...	Ile de La Réunion	50 k€



B. Bibliographie :

Ouvrages

- Bernard Leveneur, Fabienne Jonca, Nicolas Peyrebonne, Patrick Hoarau, 2008, « Cases créoles de La Réunion » PREC, 48p.
- Dominique Gauzin-Müller, 2014, « Le défi de Beauséjour : une ville tropicale durable à La Réunion » EYROLLES, 159p.
- David LORION, 2006, « Endiguements et risques d'inondation en milieu tropical. L'exemple de l'île de La Réunion » Norois, 201p.

Articles scientifiques

- L'Archipel des régions, numéro 7, 2012, « Valoriser des ressources naturelles exceptionnelles : un défi de Développement Durable pour l'île de La Réunion », 8 p.
- Mirella Hoareau, juin 2013, [Mémoire de stage, M1 Génie Urbain et Environnement] « L'utilisation des matériaux locaux dans la conservation du patrimoine architectural réunionnais » 111 p.
- Magazine CREE, 2016, « Matériaux de construction : retour aux (bio)sources. Panorama et perspectives de l'utilisation des matériaux de construction biosourcés dans le monde » 24 p.
- Nicolas CADET & Nicolas LAN-FOOK, [Elèves ingénieurs à l'ESIROI – Promotion 2014, Département Construction durable], « Caractérisation thermique de briques », 16 p.

Rapports

- BRGM, 1995, « Les gisements de matériaux à La Réunion – Description et caractéristiques des matériaux volcaniques », 42 p.
- Direction régionale de l'environnement de la réunion, 2006, « Profil environnemental de La Réunion », 223 p.
- Conseil Régional La Réunion, mars 2012, « Schéma de Prévention des Risques Naturels de La Réunion », 131 p.
- IFECO, Institut de formation à l'éco-construction, 2012, « Rapport REINE – REunion Isolation Nouvelles Energies », 93 p.
- DEAL Réunion, 2012, « Etude sur les filières de la croissance verte à La Réunion », 225 p.
- Agorah, 2012, « Chiffres clés des déchets ménagers et assimilés à La Réunion », 48 p.
- ADEME Martinique, 2012, « Etat des lieux des matériaux et écomatériaux, issus des matières premières locales, exploitables en Martinique », 146 p.
- Agence Française de Développement, 2013, « Etude sur les avantages comparatifs et les filières d'avenir dans les DOM - Rapport final », 165 p.
- DEAL Guyane, 2014, « Enjeu des éco-matériaux dans la construction », 14 p.
- Conseil Régional La Réunion, 2011 (maj 2014), « Schéma départemental des carrières », 358 p.
- Nexa, septembre 2015, « Stratégie de spécialisation intelligente de La Réunion », 124 p.
- OPMR & Elan Océan Indien, 2015, [Dossier de presse] « Etude relative à la formation des prix des matériaux de construction à La Réunion », 8 p.
- Chambre des métiers et de l'artisanat, 2015, « Tableaux économiques de l'artisanat : chiffres clés et analyses sectorielles », 16 p.
- Commission d'enquête, 2015, « Rapport de l'enquête publique relative au Plan de Prévention et de Gestion des Déchets Non-Dangereux (PPGDND) », 135 p.
- DEAL Réunion, 2015 « Industrie et Environnement à La Réunion », 46 p.
- Technopolis group, décembre 2015, « Réalisation d'études stratégiques internationales sur les domaines de spécialisation intelligente de l'île de La Réunion – Bâti tropical », 52 p.



- Conseil Régional La Réunion, 2016, « Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE) à La Réunion », 51 p.
- CARIF OREF, novembre 2016, « Filière bâti tropical : Perspectives Emplois Formation », 53 p.
- CERBTP, 2016, « Etude des matières inertes recyclées à La Réunion », 5 p.
- Agorah, 2017, « Bilan 2016 des observatoires », 140 p.
- CIRBAT, juillet 2017, « Etude de la performance hygrothermique et de la durabilité. Accompagnement des professionnels à la mise en œuvre en construction et rénovation en fonction des spécificités locales et du climat Réunionnais »
- Energies Réunion SPL, 2017, « Bilan énergétique 2016 de l'Île de la Réunion », 78 p.
- CPME La Réunion et Utopies, 2017, « Etude REELLE : développer l'économie réunionnaise par la demande locale », 22 p.

Guides

- BRGM, 2006, « Kit pédagogique Sciences de la Terre », 8 P.
- PERENE Réunion, 2009, « Règles de conception thermique et énergétique des bâtiments tertiaires et résidentiels adaptées aux zones climatiques de l'Île de La Réunion », 119 p.
- Nexa, avril 2014, « Guide des Services dédiés à l'Evaluation et à la Certification des Matériaux de Construction à La Réunion », 90 p.
- Institut de la Francophonie pour le Développement durable (IFDD), décembre 2015, « Guide du bâtiment durable en régions tropicales », 212 p.
- CERBTP, 2015, « Memento pour la gestion des déchets du BTP à l'usage des professionnels de la construction », 28 p.
- ADEME, février 2017, « Rénover son logement à La Réunion : Quels travaux, avec quels professionnels et quelles aides ? », 17 p.
- DEAL La Réunion, 2017, « Contextualisation à La Réunion des engagements du label national écoquartier », 98 p.

• Végétal vivant intégré ou à proximité du bâti • Cryptoméria • Goyavier • Vétiver • Tamarin • Bambous • Palmes • Vacoa • Aloes • Chocca • Bois de couleurs des Bas • Bagasse • Fibres de coco • Déchets verts paysages • Déchets ananas • Palettes • Copeaux de bois • Papier, carton • Déchets textiles • Scories • Basalte • Terre crue • Verre • Plastiques • Pneus • Déchets de chantier • Container

BioRevTropics

Le recours aux matériaux locaux par la construction en milieu tropical

nomadéis 

Conseil en développement durable

4, rue Francisque Sarcey
75116 Paris, France
+33 (0)1 45 24 31 44 (t)
+33 (0)1 45 24 31 33 (f)

www.nomadeis.com