



Organisme d'accueil : APPER

Mémoire de stage :

Du 1^{er} Avril au 26 Juin 2013



L'utilisation des matériaux locaux dans la conservation du patrimoine architectural réunionnais

La place de l'écologie dans le patrimoine architectural: Éco-
construction ?

Réalisé par : HOAREAU Mirella

M1 Génie Urbain et Environnement, FSHE, SBE

Encadré par : M.FONTAINE Max



2012/2013

Table des matières

Remerciements	0
Préambule.....	0
Introduction	1
I. La sauvegarde de l'identité culturelle créole: utilisation des matériaux locaux dans la construction ou dans la rénovation.....	4
1. Matière écologique: le bois et sa filière	4
1.1 La filière bois et le potentiel économique local	4
1.2 Le <i>Cryptomeria Japonica</i> et sa normalisation : facteur d'un redynamisme local ?	7
1.3 Freins et contraintes	24
2. Innovations écologiques et éléments architecturaux réunionnais	26
2.1 Matériaux novateurs : une ressource locale	26
2.2 Les isolants et les peintures écologiques de La Réunion	32
II. Le savoir-faire réunionnais : un élément patrimonial à préserver.....	39
1. La transmission des savoir-faire.....	40
1.1 Les formations et métiers liés à l'Artisanat	40
1.2 Les entreprises locales : des compétences à valoriser.....	43
2. L'architecture créole et ses spécificités : un savoir-faire à conserver et sa place dans l'intégration de l'habitat moderne, dans la rénovation.....	45
2.1 La couverture des toitures et des façades ancestrales : des spécificités locales.....	45
2.2 Le traitement des abords d'une construction : un savoir-faire ingénieux oublié...	52
III. Etude comparée : les ressources locales face aux importations	56
1. Les réglementations encadrent les performances techniques des constructions	56
1.1 Cadre général lié à la construction ou à la rénovation	56
2.2 Fin de l'obligation du quota minimum de bois dans une construction	57
2.3 Les Directives	57
2.4 La RTAADOM diffère de la RT métropolitaine	58

2.	Evaluation des matériaux locaux et des produits importés	60
1.1	Les bois d'importations sur l'île	60
1.2	Le coffrage en scories face au parpaing creux	62
1.3	Le bois de Cryptomeria Japonica local face aux bois importés.....	66
1.4	Comparaison des isolants importés.....	68
	Conclusion.....	71
	Bibliographie.....	1
	Annexe I : L'architecture réunionnaise et son évolution	1
	Annexe II : Grille tarifaire des essences de bois réunionnaises	6
	Annexe III : Matériaux novateurs	8
	Annexe IV : Le savoir-faire réunionnais.....	10
	Résumé	1

Remerciements

Je tiens à remercier Monsieur Max FONTAINE, mon maître de stage, pour m'avoir accueilli au sein de son association APPER¹, durant ces trois mois de stage et de m'avoir fait partager l'importance de la conservation du patrimoine réunionnais qui se perd. De plus, je remercie la famille de Monsieur FONTAINE, pour leur accueil chaleureux. Par ailleurs, je veux témoigner toute ma reconnaissance envers Madame Olivia FONTAINE, ingénieure zootechnicienne, en poste recherche au CIRAD², sans qui je n'aurais pas eu de stage, mais aussi la remercier de m'avoir assistée et soutenue tout au long de ces trois mois. Je souhaite également remercier Madame Bénédicte JARLET, architecte-conseillère au CAUE³ et ma tutrice de stage, pour sa disponibilité, ses précieux conseils et le temps qu'elle m'a consacré.

Je remercie également les personnes suivantes qui m'ont reçu lors de mes enquêtes sur le terrain. Comme, Monsieur Didier HOAREAU, responsable de l'ONF⁴ au Tampon; Madame Véronique BOITEL, animatrice au pôle valorisation du patrimoine et son collègue Monsieur Pascal LAUDE, animateur de l'architecture et du patrimoine. De plus, je tiens à remercier Monsieur Henri CLERVIL, technicien supérieur de l'équipement à la retraite, gérant et fondateur de la société HAClave Océan-Indien, pour les renseignements qu'il m'a gracieusement communiqué. Mais aussi les individus qui ont bien voulu répondre à mes questions au Salon de la maison 2013.

Mes remerciements s'adressent enfin à mes proches, famille et amies pour leurs soutiens et leurs encouragements.

¹ APPER : Association pour la Promotion du Patrimoine et de l'Ecologie à la Réunion

² CIRAD : Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement

³ CAUE : Conseil d'Architecture d'Urbanisme et de l'Environnement

⁴ ONF : Office National des Forêts

Préambule

Avant d'aller plus loin, il est essentiel de savoir ce que représente le patrimoine architectural réunionnais, le patrimoine étant une vaste notion. En effet, il en existe de plusieurs types, dont le patrimoine culturel et naturel. Celui qui est abordé dans ce mémoire, c'est le patrimoine culturel puisqu'il concerne le mobilier (peintures, sculptures...), l'immobilier (monuments, sites archéologiques), l'immatériel (traditions orales, rituels...).

L'architecture créole est caractérisée par le style colonial et par celui de la Compagnie des Indes, qui bien avant la création de réglementations, était adaptée aux conditions climatiques des îles tropicales. De plus, l'architecture réunionnaise est aussi influencée par celle de la Métropole. En revanche, le style créole à proprement parler n'est pas reconnu, du fait des différentes cultures, représentant le métissage de l'identité culturelle et architecturale. Par le passé, il a été établi une certaine hiérarchie des types d'habitations.

De 1650 à 1950, les premiers habitants de l'île vivaient dans différents types de huttes et de paillotes (cf. **figure 1, ronds 1 et 2, Annexe I**). Par exemple, dans des cases en pailles malgaches, sans pilotis, fabriquées avec les matériaux locaux. Comme le latanier, le palmier et l'agave ou le choca. Les esclaves, vivaient aussi dans des paillottes, représentant l'habitat populaire réunionnais. En 1700, le calbanon ou cabanon fit son apparition. Généralement en pierre, dont la toiture est à un ou deux pans (cf. **figure 1, rond 3, Annexe I**). Celui-ci était réservé aux esclaves, puis aux engagés et enfin aux ouvriers agricoles. Le calbanon symbolisait le premier immeuble collectif horizontal. Par ailleurs, le savoir-faire des charpentiers de la marine de la Compagnie des Indes, a permis l'apparition de demeures en madriers et à pans de bois, de 1700 à 1850, qui sont influencées par le style des fermes de l'Ouest de la France. Ces dernières sont démontables et en bois couché, de bandes longues et larges (cf. **figure 1, rond 4, Annexe I**). En plus de ces charpentiers, la Compagnie des Indes a envoyé des artisans sur l'île qui ont conçus les premières maisons de maître, du XVIII^{ème} siècle, représentant la base de l'architecture créole (cf. **figure 1, rond 7, Annexe I**). En effet, l'architecture de cette maison rectangulaire a évolué pour une toiture en 4 pans. Elle a également permis l'apparition de l'auvent et de la varangue. Les maisons de maître plus récentes, étaient faites en pierres de basalte et de roches dures, incarnant le pouvoir royal et la monarchie. Dès 1800, avec la venue des fûts métalliques à La Réunion et des feuilles de tôles, ces paillotes se sont transformées en cases « en bois sous tôle », « en béton sous tôle » ou « en tôle sous tôle » (cf. **figure 1, rond 5, Annexe I**). Les vieilles cases créoles modestes à 4 pans,

détenaient certaines d'entre elles, une caractéristique particulière au niveau de la toiture. En effet, à son sommet, un assemblage de bois sans vis ni boulons. Ces derniers formaient deux sortes de cornes, nommées épis, sur le haut des toitures en 4 pans, notamment. Autrefois, habillés de tôle, ces épis servaient à entretenir la toiture en y attachant une corde pour pouvoir accéder au toit et nettoyer la tôle, les chéneaux et les coyaux. A l'heure actuelle, les épis n'ont qu'un rôle de décoration et il est interdit d'accrocher une corde pour monter sur la toiture, étant donné qu'ils sont posés sur des vis de couture. L'entreprise réunionnaise « Cases Créoles Construction » réalise encore ces toitures représentatives du patrimoine architectural local. De plus, la case modeste à 4 pans est définie selon une façade et un plan simple symétriques (cf. **figure 1, rond 8, Annexe I**). La cuisine, se trouve généralement à l'extérieur, pour une cuisson des aliments au feu de bois. Les habitations de types cases créoles, sont éventuellement honorées d'ornementations, comme les lambrequins conçus traditionnellement en bois, puis en acier. Leurs formes s'inspiraient de la nature, des plantes et des animaux (cf. **figure 2, Annexe I**). Ces cases créoles étaient destinées, à l'origine, aux planteurs de café du XVIII^{ème} siècle. Le mot lambrequin provient du néerlandais « lamperkijn », signifiant petit voile ou bande de tissu décoratif. Les lambrequins sont calqués sur les modèles en fonte de Métropole et de bardeaux. A l'époque, les lambrequins n'avaient pas qu'une fonction d'esthétisme. En effet, ils servaient tout d'abord, à protéger les façades et les ouvertures contre la pluie qui les détériore. Ces lambrequins accumulaient l'eau de la toiture, afin de la faire ruisseler en avant des façades. Il existe également, des ornements de motifs géométriques, comme le triangle ou le rectangle, présents sur les bandeaux des façades (cf. **figure 3, Annexe I**). Suite au cyclone de 1948 et à la départementalisation, les habitants de l'île cherchent à construire des maisons plus robustes afin de résister aux cyclones. En 1961, la « case Tomi » est née grâce au crédit Agricole. C'est une maison préfabriquée, économique et adaptée à au de mode de vie local, résistant aux cyclones (cf. **figure 4, Annexe I**). Cette même année, la « case Satec⁵ » voit le jour. Cette maison n'est cependant pas adaptée au climat tropical de l'île. En effet, sa toiture et ses façades réalisées en béton, restituent dans « Les Bas » de l'île, la chaleur le soir et dans « Les Hauts » l'humidité s'y installe. Fin XX^{ème} siècle, la « case Tomi » devient la « case Bourbon Bois » (cf. **figure 5, Annexe I**). Cette dernière est fabriquée par Maisons Maurice Tomi, plus connue sous le nom de Bourbon Bois. Cette entreprise a permis l'évolution de l'habitat créole. En revanche, l'habitat créole ne se définit pas uniquement avec les cases et paillotes. L'arrivée du béton, sur

⁵ Satec : Société d'Aide Technique et de Coopération

l'île, a permis l'apparition de maisons en cube béton mais aussi des tours, des immeubles et autres (cf. **figure 6, Annexe I**).

On peut ainsi dire que l'héritage colonial a influencé l'architecture créole, mais ce n'est pas le seul fait historique de portée. Ici, il ne s'agit pas de reproduire l'architecture d'antan pour les nouvelles constructions mais de concilier tradition, savoir-faire et modernité. Notamment, avec l'emploi du bois et d'autres matières innovantes propre à l'île de La Réunion. L'architecture créole est donc une architecture indigène, avec des caractéristiques propres aux cases créoles. Notamment, avec la présence d'une varangue, qui est à l'origine une pièce ouverte. Ces cases sont aussi définies par des ornements de types : lambrequin, imposte ajourée, bardage en allège, dessins de menuiseries et motifs géométriques, appliqués sur les bandeaux. Ces décorations n'ont pas qu'un attrait décoratif, mais aussi une fonction utilitaire. Comme le lambrequin, dont la fonction première est de protéger les façades contre la pluviométrie, qui les détériorent. Par ailleurs, le jardin créole représente le patrimoine naturel de l'île. C'est aussi un lieu de vie à prendre en compte, car il peut être considéré comme un prolongement de l'habitable créole. A l'avant d'une maison, la végétation suit une symétrie à la française, pour mettre en avant la demeure. Selon AUGÉARD Yves, architecte des Bâtiments de France et responsable du Service Départemental de l'Architecture dans les années 1980, l'architecture traditionnelle réunionnaise est « un subtil mélange où l'on retrouve les techniques de la charpente navale, la composition et le vocabulaire de l'architecture savante du XVIII^{ème} siècle, ainsi que quelques éléments décoratifs d'origine malgache ou indienne ». Il résume gracieusement la diversité du patrimoine bâti local. En somme, ce patrimoine est varié, influencé, de par le métissage de l'île et l'importation de concepts architecturaux venant d'ailleurs et de la colonisation.

Introduction

L'enjeu du stage est d'acquérir une expérience professionnelle à l'aide des connaissances acquises au cours de la formation en Génie Urbain et Environnement. De se confronter au monde du travail et ainsi se créer un réseau professionnel.

Le stage s'est déroulé en divers lieux, partant du domicile, à la rencontre de professionnels et au sein de l'organisme d'accueil à Saint-Joseph, à la Plaine des Grègues. Cet organisme est une toute jeune Association pour la Promotion du Patrimoine et de l'Ecologie à la Réunion (APPER), créée en mars 2013. Dont le président est Monsieur Max FONTAINE, mon maître de stage.

La problématique de cette association est la sauvegarde et la restauration du patrimoine rural réunionnais, en valorisant les ressources locales. C'est une priorité pour eux par rapport aux grands axes de développement touristique de La Réunion car ce patrimoine se perd. En effet, l'identité créole évolue et son architecture s'éloigne des modes de constructions typiques de l'île de La Réunion. C'est pourquoi, la principale mission de ce mémoire est la collecte d'informations, car c'est une étape importante, pour une meilleure définition du programme d'actions de l'association. L'APPER attend de ce mémoire de répondre à diverses questions comme: Quels sont les matériaux locaux utilisables à La Réunion ? Quels sont les freins à leur utilisation ? Comment assurer la transmission des savoir-faire nécessaire à la restauration de ce patrimoine ? Quels sont les moyens disponibles ? Comment garder un cachet plus typique de la culture réunionnaise ? Il faut entendre comme matériaux de construction, les matériaux créés pour être intégrés, de manière durable, dans un bâtiment neuf ou rénové. Ce mémoire comprend ceux de gros œuvre comme les murs, la toiture, les poutres et ceux de second œuvre, comme les isolants, les peintures. Les matériaux de gros et de second œuvre ne sont pas tous énumérés ici. Il s'agit de centrer sur les ressources locales.

Pour répondre à ces interrogations, des études bibliographiques ont été développées dans ce mémoire, sur l'utilisation des matériaux locaux dans les constructions, pour la restauration et aussi l'aménagement. Rencontrer, interroger des professionnels sur le terrain, notamment dans la filière bois, pierre et chaume a été nécessaire. Mais aussi, enquêter sur les savoir-faire réunionnais, comme les métiers de chaumier, couvreur, tailleur de pierres. Pour éclairer au mieux l'association, la problématique s'est orientée autour du sujet suivant : « L'utilisation des matériaux locaux dans la conservation du patrimoine architectural réunionnais ». En effet,

comment préserver ce patrimoine avec la ressource locale et les réglementations en vigueur ? De plus, peut-on parler ici d'habitat écologique ?

Pour concorder à la problématique, la première partie sera consacrée à l'emploi des matériaux locaux, de construction écologique ou «d'éco-construction», afin de sauvegarder le patrimoine réunionnais. Localement, la principale ressource est le bois qui est une matière écologique. Récemment, le *Cryptomeria Japonica* a été normalisé, relançant certainement l'économie locale. C'est là, une piste à explorer. De plus, la conservation du bâti passe par le savoir-faire local et donc l'utilisation d'essences locales, mais cette ressource est limitée. Par ailleurs, l'île de La Réunion se veut autonome en énergie d'ici l'horizon 2030, en se tournant plus vers le développement durable, l'écologie. C'est pourquoi, l'île innove en matière d'éléments de constructions. De plus, les pouvoirs publics, les particuliers et les professionnels sont, davantage, demandeurs, pour utiliser des matériaux de construction minimisant leur impact sur l'environnement. Deçà, une autre partie sera consacrée aux innovations dites écologiques. Dans un second temps, il sera question du savoir-faire réunionnais jouant un rôle dans la préservation du patrimoine local. Cependant, ce savoir-faire s'oublie, peut-être est-il délaissé par les jeunes générations ? Enfin, une étude comparée confrontera les ressources disponibles localement à l'égard des importations. Par ailleurs, il existe un cadre réglementaire spécifique aux îles pour bâtir : la RTAADOM⁶; mais aussi des normes et des labels à respecter dans la construction. Celles-ci sont adaptées à nos conditions climatiques et veulent limiter les déperditions d'énergies. En effet, de part ce cadre réglementaire, tout projet de construction se doit d'être plus performant et cela passe aussi par la création de matériaux novateurs. Par conséquent, il faut allier tradition et modernité avec l'évolution des réglementations. Ainsi, l'originalité de la recherche réside dans le fait de recenser les principaux matériaux utilisant la ressource locale. De plus, certaines études bibliographiques ne sont pas encore disponibles sur internet, peu connus ou encore difficile à trouver. Comme pour la normalisation du *Cryptomeria*. Ce qui en fait, un autre intérêt. Par ailleurs, les objectifs poursuivis par la recherche est de répondre aux attentes de l'association, mais aussi d'allier l'écologie et l'innovation au marché de la construction. Ce sujet de mémoire a pour principal objectif, de valoriser la conservation du patrimoine architectural réunionnais, à travers le savoir-faire local et les ressources en matière de construction,

⁶ RTAADOM : Réglementation Thermique d'Aération, Acoustique des Départements d'Outre-mer.

disponibles sur l'île de La Réunion. Toutefois, les informations et les propositions émises dans ce mémoire, sont à prendre avec précautions, notamment en matière d'écologie.

I. La sauvegarde de l'identité culturelle créole: utilisation des matériaux locaux dans la construction ou dans la rénovation

La préservation de l'identité créole passe-t-elle par « l'éco-construction » ? Pour le savoir, voyons ce qui se cache derrière ce concept. Fin des années 1960, le terme « éco-construction » naquit. Ce terme correspond, de par sa définition, à l'emploi de ressources locales. En effet, il consiste à réaliser un édifice doté des technologies lui permettant de respecter au mieux l'environnement et l'écologie dans sa construction. En s'intégrant le plus respectueusement dans un milieu et en utilisant des ressources naturelles et locales. Comme par exemple, les énergies renouvelables ou encore le bois. Ainsi, il s'agit bien d'éco-construction, d'après sa définition. Cependant, c'est un concept discutable, car construire en soi n'est pas écologique. Il s'agit plutôt de réduire l'impact d'une construction dans l'environnement. Désormais, le respect de l'environnement est une priorité au cœur de tous les projets de construction ou de réhabilitation. La RTAADOM en est d'ailleurs, un parfait exemple de conciliation du bâti et du développement durable, à l'aide de l'évolution des performances techniques. L'éco-habitat prend aussi en compte, des concepts complémentaires de maisons bioclimatiques et de maisons écologiques. Il ne faut cependant pas oublier que cela reste des notions assez floues. L'important c'est de concilier espace bâti et préservation du paysage, en employant, par exemples, des matériaux moins polluants comme le bois, voire d'utiliser des produits innovants.

1. Matière écologique: le bois et sa filière

1.1 La filière bois et le potentiel économique local

A La Réunion, l'exploitation du bois s'étale sur une surface de 3 500 hectares de forêts publiques gérées par l'ONF, dont 1 800 hectares d'essences de *Cryptomeria Japonica* et 1 900 hectares de Tamarin des Hauts, *Acacia Heterophylla*. Sa production est primordiale pour ravitailler la filière artisanale, en bois de construction comme le *Cryptomeria Japonica*, ou encore en bois d'ébénisterie avec le Tamarin des Hauts. La production est faible. Elle s'explique de par l'histoire, car les anciennes forêts de basse et moyenne altitude ont été défrichées aux XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles. Autres raisons, la topographie de l'île et la nature des sols ne sont pas toujours de bonnes conditions pour le développement de forêts de production. En effet, le relief avec les remparts couverts de végétation arbustive, les déserts minéraux dépourvus de végétation comme le Piton des Neiges, le massif de la Fournaise, la

profondeur du sol et l'accès aux sites, ne favorisent pas une exploitation du bois plus étendue. Localement, la production de bois ne représente que 2,5% du volume de bois consommé. Le Cryptomeria représente les trois quarts du chiffre d'affaires et le tamarin le quart restant. Sur l'île, 5 principales essences de bois sont utilisées dans la construction, comme le Pin Sylvestre, le Keruing, le Niové, le Cryptomeria et enfin le Tamarin des Hauts, qui ne proviennent pas tous de l'île. D'autres essences locales sont recherchées, mais sont en quantités très limitées, comme les Bois de Couleurs des Bas, dont les Petits/Grands Nattes, les Benjoins, le Bois de Pomme, les Takamakass. Toutefois, les défrichements agricoles et l'exploitation excessive de leurs bois, ont provoqué leur raréfaction, voire même leur disparition totale du marché local. En revanche, il existe des variétés qui ne sont pas adaptées dans la construction, où la qualité du bois est très règlementée et testée. Par ailleurs, la filière bois offre des formations dans le domaine de la charpente, l'ébénisterie, la menuiserie et l'ameublement. Cependant, la filière de production locale génère peu d'emplois. Néanmoins elle participe à des enjeux environnementaux et sociaux comme dans la gestion de l'espace, la diversification de revenu et dans les métiers de l'artisanat.

Seulement 2,5% des besoins de l'île sont garantis par la ressource locale. Sur le plan économique, la quasi-totalité des bois importés à La Réunion proviennent d'Indonésie, d'Afrique du Sud et d'Europe. L'importation de bois est variée mais elle a tendance à diminuer. En effet, en 2006, 12 500 tonnes de bois sont importés contre 6000 tonnes en 2009 (cf. figure 1). 46 millions d'euros de bois viennent de l'extérieur en 2009, avec une chute de 26% par rapport à l'année 2008. Cela s'explique par une baisse de l'activité du BTP, une baisse des prix et le déstockage. Sur l'île, la filière compte 255 entreprises dans le secteur bois bâtiment, 212 entreprises dans la production de bois et 306 entreprises dans le secteur du bois d'ameublement. Soit au total, 773 entreprises dans la filière bois, avec un chiffre d'affaires de 70 millions d'euros en 2008, d'après l'Observatoire Economique de l'Artisanat. Cette filière a permis d'engendrer 1 151 emplois cette même année.

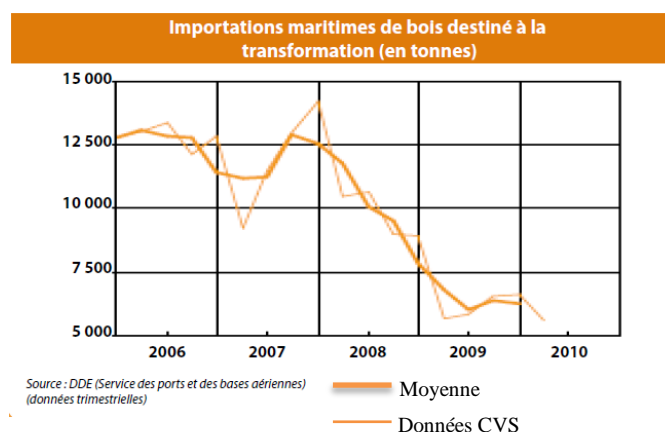


Figure 1 : Graphique des importations de bois maritimes, Source: Bulletin conjoncture IEDOM, n° 142 – Premier trimestre 2010

Afin de développer la filière bois, des stratégies sont mises en place, comme le doublement progressif de la production locale, avec 10 000m³ de bois récoltable par an, d'ici l'horizon 2020-2030. Autres programmes d'action :

- assurer la régularité et la qualité de l'approvisionnement en bois des entreprises artisanales,
- Mettre en avant la production locale, par rapport aux produits importés grâce à la spécificité et la valeur patrimoniale de cette ressource.

Autres politiques à mettre en place pour développer la filière bois locale:

- Une stratégie commerciale de la filière, orientée sur la différenciation du produit bois fabriqué artisanalement grâce au savoir-faire qui se diffère de la standardisation.
- Développer des normes, des certifications adaptées au climat tropical de l'île, permettant une plus-value non négligeable face aux produits d'importation valant moins chers.

En somme, le potentiel économique est en apparence limité à La Réunion, mais la filière bois conserve de concrètes possibilités de développement, grâce d'une part, au savoir-faire réunionnais et à sa transmission à travers les différents centres de formations liés aux bois. D'autre part, à travers la conservation du patrimoine bâti, conçu par les artisans possédant ce savoir-faire. Mais il est aussi nécessaire de conserver ce savoir-faire réunionnais, en sensibilisant le public à la disparition de ces traditions, de ces métiers d'artisanat. Par ailleurs, la filière bois peut se développer davantage dans :

- la recherche d'innovations des matériaux,
- le marché local qui est en expansion,
- la demande en logement croissante,
- l'ouverture du marché vers l'extérieur au sein de la Zone Océan Indien.

Ainsi, il serait intéressant d'encourager l'utilisation du bois, tout en respectant les normes, car c'est une matière noble, présente localement. De plus, c'est principalement l'une des seules ressources exploitables sur l'île. Particulièrement, dans le secteur du BTP, le développement de la profession locale, le renforcement ou l'amélioration du niveau de formation, concernant le secteur bois ou autre est nécessaire.

Par exemple, il existe le POLE BOIS à Saint-Benoît, qui est une zone d'activités destinée à encourager et promouvoir l'extension de la filière bois réunionnaise. Ce pôle est né de la volonté politique d'accroître, de renforcer l'économie de l'Est et participer ainsi à la croissance de l'île. Il consiste à réunir divers acteurs de la filière scierie, transformation, exposition, commercialisation, formation, sur une même zone. Le POLE BOIS couvre une superficie de 12,6 hectares dont 7,5 hectares sont réservés à la scierie de Bourbon, à des entreprises de seconde transformation, à un centre de séchage, d'une surface de 4000m² d'ateliers, affectés aux artisans et à la formation des jeunes. Les 5,1 hectares restants accueilleront notamment, des parcelles individuelles ou groupées et des activités de second œuvre.

En somme, une ressource locale viable, mais limitée, est la production de bois. Elle concerne en majorité deux essences : le *Cryptomeria Japonica*, utilisable dans le secteur de la construction, et le Tamarin des Hauts, en bardage.

1.2 Le *Cryptomeria Japonica* et sa normalisation : facteur d'un redynamisme local ?

L'histoire du Cryptomeria de La Réunion :

Le *Cryptomeria Japonica* aussi appelé Cèdre du Japon, San-Sugi/Sugi en Chine, ou encore Liusan en Taïwan, est une espèce originaire, comme, son nom l'indique d'Asie. Il est de la famille des *Taxodiaceés* et introduit sur l'île de La Réunion, à la fin du XIX^{ème} siècle par Monsieur GOIZET, chef du service colonial. C'est une essence de lumière, préférant un climat tempéré à hiver doux, requérant une forte pluviométrie d'à peu près 1000 mm par an.

Cet arbre affectionne les sols filtrants, peu profonds, peu acides, riches en eau. Il peut supporter des sols de nature calcaires si ceux-ci ne sont pas trop secs, ni superficiels. De 1950 à 1990, des plantations de *Cryptomeria* ont été réalisées afin d'exploiter ce bois et pour reboiser les zones défrichées durant le blocus lié à la guerre. Le *Cryptomeria Japonica* est planté au-dessus de 1 000 m d'altitude et se trouve principalement en dehors du Parc National des Hauts, comme à la Paine des Cafres, à La Petite Plaine, dans les Hauts de Saint-Denis, dans les Makes, à Cilaos, à Terre Plate... (cf. figure 2).

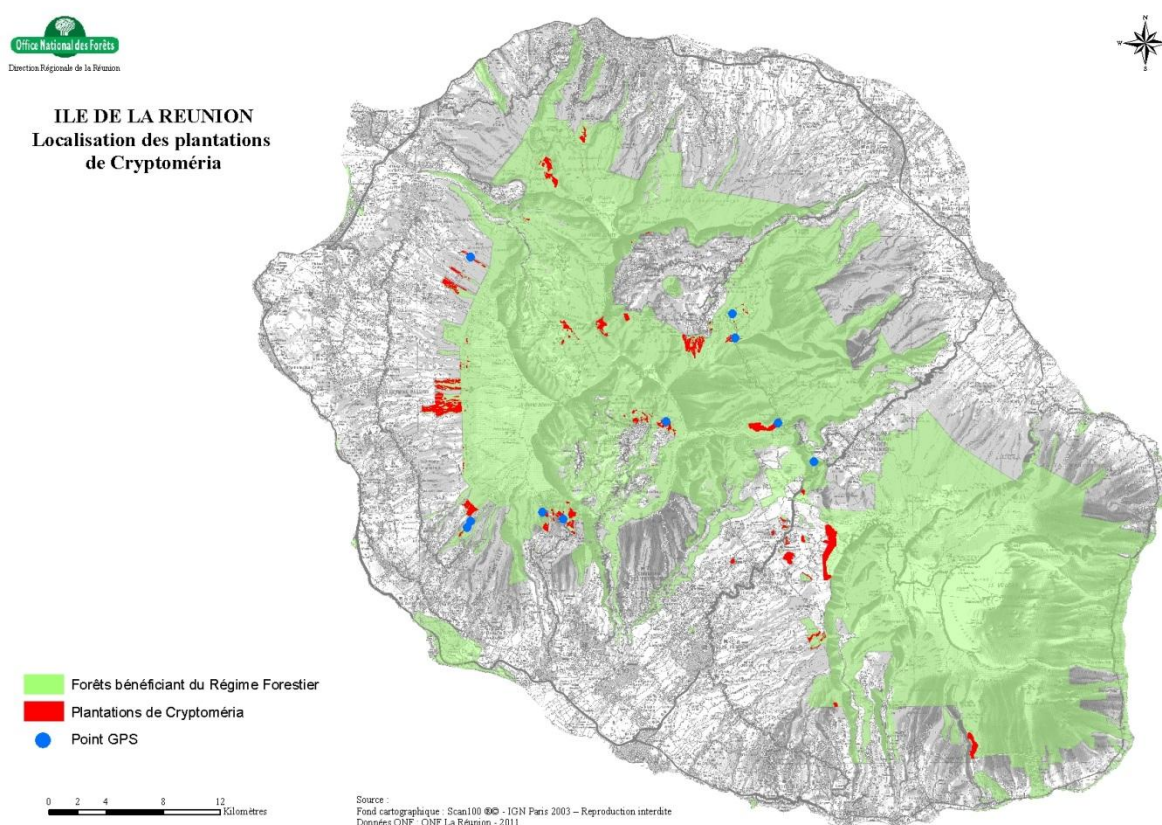


Figure 2 : La ressource en *Cryptomeria* sur l'île, Source : ONF

Le Cèdre du Japon est d'une hauteur variant entre 25 et 40 mètres, ayant une longévité de plusieurs siècles. Il croît rapidement de $20\text{m}^3/\text{ha}/\text{an}$. Le bois est mûre, c'est-à-dire prêt à être abattu, entre 45 ans et 60 ans selon la nature du sol. Cette essence a pour caractéristiques physiques : un tronc bien droit, élancé ; une écorce mince brun-rouge, gercée mais peu fissurée en profondeur, fibreuse et se détachant par lanières étroites (cf. figure 3).



Figure 3 : Photographie d'une forêt de *Cryptomeria Japonica* à Cilaos, Source : www.mi-aime-a-ou.com

Localement, l'ONF est le seul fournisseur remarquable en bois. Autrefois, la transformation du bois était assurée par la scierie de la Providence à Saint-Denis. Elle produisait des plots de tamarin pour l'ébénisterie et pour le bardage; des sciages de *Cryptomeria* pour le bâti et les aménagements intérieurs, extérieurs. Désormais, depuis 2008, la scierie Sciages de Bourbon a pris le relais. C'est une société anonyme regroupant des associés publics et privés afin de valoriser au mieux la ressource en bois locale. Cette société se trouve à Saint-Benoît, au sein du futur Pôle Bois. Sciages de Bourbon est doté des dernières technologies permettant de produire tous types de sciages avec des dimensions précises à un coût de revient raisonné et avantageux, en fonction de qualité du bois et du type de sciage voulus (cf. **tableau 1, Annexe II**). Le prix est compris entre 0.39 €/unité et peut monter jusqu'à 179.21 €/unité. La scierie propose du bois brut de sciage, du bois raboté et du bois usiné, comme types de sciages pour le *Cryptomeria*. Sa clientèle est principalement constituée de professionnels, d'associations, liés au travail du bois et sur demande de particuliers.

D'après Monsieur Didier HOAREAU, responsable de l'ONF, le volume d'exploitation de *Cryptomeria Japonica* sur l'île est de 10 000 m³ de bois de *Cryptomeria* par an qui sont destinés au marché local :

- 8 000 m³ de grumes, de choix 1, par an, sont réservés à Sciages de Bourbon, possédant un contrat de partenariat avec l'ONF, d'une durée de 5 ans.
- 1 000 m³ de choix 2, par an, alimentent les petites scieries de La Réunion et ce volume est aussi en vente libre.

- Enfin, 1 000 m³ de bois sont transformés en copeaux, pour la filière agricole, notamment pour la litière des volailles.

Il ne faut pas omettre que ce n'est là qu'un ratio établi par l'ONF, afin de gérer la ressource, qui est seulement disponible pour approximativement 30 ans d'exploitation. Actuellement, cela s'explique par le fait que l'ONF, n'a pas le droit de replanter du *Cryptomeria* sur du *Cryptomeria*. En revanche, la situation va s'en doute évoluer puisque ce bois a été normalisé. C'est donc, un challenge à relever pour cette agence publique, afin d'obtenir les financements nécessaires auprès de l'Etat.

La semaine du développement durable, se déroulant du 1^{er} au 7 avril 2013, a été très instructive, grâce au colloque sur le *Cryptomeria Japonica*, se déroulant à Saint-Denis. Récemment, cette essence a été normalisée, le 27 mars 2013. Lors de cette 4^{ème} journée scientifique et technique de la CIRBAT⁷, une présentation de l'étude de caractérisation physico-mécanique du *Cryptomeria* de la Réunion s'est faite. Cette étude a été menée et reconnue par le FCBA⁸, selon la norme NFB 52 001, correspondant au classement mécanique visuel de bois. Cette normalisation est essentielle, afin d'assurer le développement de son utilisation technico-économique et optimiser son utilisation dans la construction à La Réunion. Pour la reconnaissance de la qualité de ce bois, sur le marché, il a aussi été nécessaire de réaliser une fiche technique du *Cryptomeria*. En effet, avant sa normalisation, Sciages de Bourbon avait du mal à écouler sa production, du fait du manque d'informations sur ces grumes sciabiles, malgré des tarifs compétitifs et une bonne qualité de sciage. De plus, cela est nécessaire afin de répondre aux besoins des artisans, des maîtres d'œuvres locaux.

Afin de concéder aux entreprises la possibilité de construire en bois de *Cryptomeria*, une caractérisation de cette essence a été nécessaire et réalisée grâce à des essais sur des pièces de dimensions commerciales. Pour cela, une plaquette d'informations techniques, a été élaborée par l'institut FCBA et ses partenaires, non encore disponible sur internet, a été remise lors du colloque. Il comprend 7 fiches résumant la détermination des principales caractéristiques physico-mécaniques du *Cryptomeria Japonica* de l'île, comme la connaissance de son degré de complication dans sa transformation en sciage dont son usinabilité et son séchage, les possibilités de valorisation de cette essence dans le domaine de la construction avec son aptitude aux collages, sa durabilité et sa dureté.

⁷ CIRBAT : Centre d'Innovation et de Recherche du Bâti Tropical

⁸ FCBA : Forêt Cellulose Bois Ameublement, Institut technologique

Essais mécaniques du Cryptomeria :

Le responsable des essais est Monsieur Didier REULING. Ce sont des essais de résistance réalisés par son équipe, en 4 points sur des sciages de dimensions commerciales. Suivant la norme EN 408, une force est appliquée à une vitesse constante de 0,003 h mm/s jusqu'à destruction de la planche testée. Celle-ci est mesurée grâce à des capteurs, afin de calculer la contrainte à la rupture (MOR), le module d'élasticité (MOE) et la masse volumique. Ces essais de flexion ont été effectués sur 917 sciages de plusieurs dimensions, avec un taux moyen d'humidité de 12%. Les résultats sont présentés dans les tableaux suivants en fonction de la zone de prélèvement (**cf. tableau 1 et tableau 2**):

Tableau 1 : Synthèse des propriétés mécaniques moyennes par zone de prélèvement, Source : Fiche Normalisation du Cryptomeria de La Réunion

Zone de prélèvement	Moyenne			Nombre de planches
	Contrainte à la rupture (MPa)	Module d'élasticité (MPa)	Masse volumique à 12% (kg/m ³)	
Bélouve	27,4	4 760	350	145
Bois de Nèfles	35,2	7 520	413	117
Cilaos	41,8	8 640	389	69
Grande Ferme	31,3	5 680	397	74
Le Brulé	42,1	9 290	469	156
Makes	30,7	6 180	360	97
Plaine des Palmistes	31,1	6 330	378	140
Tévelave	33,8	6 800	389	119
Total	34,0	6 900	397	917

Tableau 2 : Synthèse des propriétés mécaniques (fractile à 5%) par zone de prélèvement, Source : Fiche Normalisation du Cryptomeria de La Réunion

Zone de prélèvement	Fractile à 5%			Nombre de planches
	Contrainte à la rupture (MPa)	Module d'élasticité (MPa)	Masse volumique à 12% (kg/m ³)	
Bélouve	15,4	1 940	292	145
Bois de Nèfles	16,8	3 900	340	117
Cilaos	26,8	6 160	330	69
Grande Ferme	16,9	2 730	338	74
Le Brulé	20,2	5 100	383	156
Makes	16,4	3 440	304	97
Plaine des Palmistes	15,4	1 420	320	140
Tévelave	19,1	3 770	320	119
Total	16,8	2 980	313	917

La résistance du *Cryptomeria Japonica* de La Réunion est donc satisfaisante. Elle est classée selon 2 modes : par méthode visuelle et par classement machine avec les classes C14 et C18 (cf. [tableau 3](#) et [tableau 4](#)).

Tableau 3 : Résultats du classement visuel pour une classe ST III (équivalent C18) et ST IV (équivalent C14), Source : Fiche Normalisation du Cryptomeria de La Réunion

Classes	Fractile 5% MOR (MPa)	MOEL (GPa)	Fractile 5% MV (kg/m ³)	Nombre de pièces	Rendements
ST-III	24,3	9,5	402,96	151	16%
ST-IV	19,8	7,0	314,92	386	42%
Rejet	14,7	5,8	305,88	380	41%
			Total	917	100%

Tableau 4 : Résultats du classement par machine pour deux classes C18 et C14, Source : Fiche Normalisation du Cryptomeria de La Réunion

Classes	Fractile 5% MOR (MPa)	MOEL (GPa)	Fractile 5% MV (kg/m ³)	Nombre de pièces	Rendements
C 18	22,1	8,6	350	517	57%
C 14	-	-	-	-	0%
Rejet	14,8	4,8	301	397	43%
			Total	917	100%

D'après le tableau 3, la classe C18 représente 16% du lot de pièces testées et la classe C14, 42% du lot. Par la méthode visuelle, le constat est que 41% des pièces ne sont pas destinées à la construction. Pour la méthode machine, la classe C18 correspond à 57% du lot de pièces testées et la classe C14, 0%. Donc, il existe 43% de pièces rejetées. Malgré un rejet un peu plus important pour cette dernière méthode, le classement machine apparaît le plus intéressant pour le classement pour la résistance du Cryptomeria, avec un rendement de 57% par la classe C18, contre un meilleur rendement pour la méthode visuelle de seulement 42% pour la classe C14. En effet, les machines évaluées sur cette essence, mesurent directement le module d'élasticité, c'est-à-dire qu'elles calculent pièce par pièce, offrant une meilleure valorisation du bois. En revanche, la machine de classement est relativement coûteuse pour débiter dans cette filière. Dans un premier temps, pour engager la production de sciages, la méthode visuelle sera préférée. Ainsi, les résultats montrent les performances mécaniques du Cryptomeria, permettant son utilisation en construction. En effet, le choix des grumes et l'emploi d'une machine de classement mécanique permettent d'obtenir des classes de résistance mécaniques comme C24, C18, C16 et C14. Ces classes sont en quantités suffisantes pour répondre à une demande raisonnée du marché de la construction sur l'île de La Réunion. Le bois de Cryptomeria a aussi été caractérisé face à ses dispositions aux collages, pour une utilisation dans le secteur du BTP.

Aptitude aux collages du Cryptomeria :

Monsieur LEGRAND Guillaume, responsable de l'essai, et ses opérateurs ont testés ces aptitudes aux collages. L'étude consiste à fabriquer des produits collés et de les soumettre à un programme d'évaluation, afin de valider les performances des collages. Il est obligatoire de

savoir quelles colles sont adaptées au *Cryptomeria*, afin de satisfaire aux sommations règlementaires des marchés visés et aux exigences techniques du support de collage. Pour cela, deux types de colles ont été utilisées comme la colle sous forme d'EPI⁹, pour la fabrication de carrelets et la colle MUF¹⁰, pour la fabrication des poutres. L'objectif de cette qualification physique du *Cryptomeria*, permet d'identifier les débouchés potentiels pour cette essence et de définir les produits collés caractéristiques des marchés homologues. Trois types de produits ont été retenus pour l'étude, dont la lamelle aboutée qui est un élément de base des produits collés, le carrelet lamellé collé pour la menuiserie et la poutre lamellée collée utilisée dans la construction (cf. figure 4).

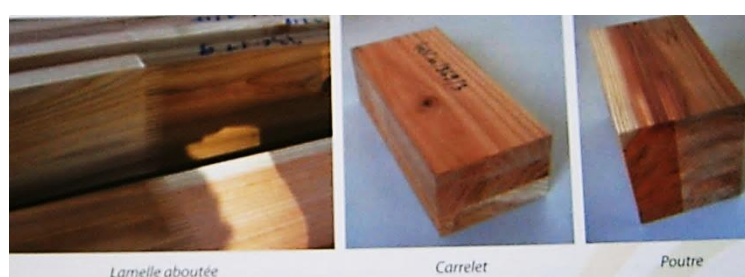


Figure 4 : Différents types de collage du Cryptomeria, Source : Fiche Normalisation du *Cryptomeria* de La Réunion

Les résultats montrent que le *Cryptomeria Japonica* de l'île présente une bonne aptitude au collage, permettant ainsi la fabrication de produits collés qui obéissent aux réglementations des marchés de la menuiserie et de la construction. De plus, la fiabilité, le rendu visuel et la composition des produits collés sont meilleures que celles du bois massif. Il est à noter que l'aptitude au collage du *Cryptomeria* est comparable à celle du peuplier. De plus, le séchage du bois a été testé, pour savoir quelles sont les conditions requises pour sécher le Cèdre du Japon.

Séchage du *Cryptomeria* :

Monsieur ROBERT Gabriel, responsable de l'essai, a étudié le comportement du séchage du *Cryptomeria*. Il s'est déroulé dans un séchoir de laboratoire, dans différentes conditions de température et d'humidité. Des mesures avant, pendant et après le séchage ont été réalisées. Pour cette étude, 200 planches de *Cryptomeria* de 45 mm d'épaisseur, de 110 mm de largeur et de 2 100 mm de longueur ont été utilisées. Ces planches de différentes humidités relatives,

⁹ EPI : Emulsion de Polymères et d'Isocyanates

¹⁰ MUF : Mélamine Urée Formol

ont été pesées et mesurées, après immersion dans l'eau pendant 1 jour. Elles ont été stabilisées dans des pièces climatisées de 20°C à 23°C, pendant une dizaine et une vingtaine de jours, et enfin déshydratés pendant 1 jour. Ces échantillons proviennent de 44 arbres différents, originaires de 9 stations forestières. Les résultats montrent que le séchage optimal du Cèdre du Japon se déroule avec températures moyennes de 70°C à 75°C. Au-delà de 85°C, il existe un risque de collapse tant que le bois est saturé en eau. Il faut donc être attentif sur les températures de travail au-dessus du point de saturation des fibres. Lors du séchage et dans de bonnes conditions de températures, très peu de fentes ont été relevées. Le temps de séchage pour une épaisseur de 45 mm est d'environ 12 jours. En outre, pour obtenir une bonne qualité de bois en sortie de séchage, la FCBA a proposé une table de séchage qui n'est valable que pour des essences ne dépassant pas 80 mm d'épaisseur (cf. **tableau 5**). Par conséquent, le temps de séchage dépend de l'épaisseur du bois.

Tableau 5 : Table de séchage du Cryptomeria avec une épaisseur de bois < à 80 mm, Source : Fiche Normalisation du Cryptomeria de La Réunion

Séquence	Phase	Vitesse de montée ou de descente en T° (°C/heure)	Durée (heures)	Humidité du bois H (%)	Température Ts (°C)	Humidité d'équilibre HE (%)
S1	Préchauffage 1	10	-	-	70	-
S2	Préchauffage 2	-	12	-	70	17
S3	Séchage 1	-		> 60	70	17
				60-34		15,6
S4	Séchage 2	-		34-28	70	13,6
				28-20	70	10,4
				20-19	75	7,8
				19-14,5	75	6
				14,5-11	75	4,5
S5	Refroidissement	10	-	-	60	-
S6	Equilibrage	-	14	-	60	11,6

Par rapport à l'Epicéa ou le Pin maritime, avec respectivement un temps de séchage de 6 et 8 jours, pour une épaisseur de 45 mm, le *Cryptomeria Japonica* est donc plus long à sécher. Son point de saturation des fibres est de 28,4% et moins élevé que celui de l'Epicéa avec 33% ou du Sapin avec 29%.

Par ailleurs, la protection du bois est très réglementée. En effet, ils doivent être résistants aux insectes xylophages, aux termites de bois sec et aux termites souterrains. Selon l'arrêté du 27 juin 2006, du code de la construction et de l'habitat. En revanche, concernant les champignons, il n'existe que des recommandations de protection du bois, selon les normes EN 335. De plus, La Réunion, possède l'une des espèces les plus nuisibles et virulentes au monde appartenant au genre *Coptotermes*, de type termite souterrain. C'est pourquoi, la durabilité du Sugi face aux insectes a été testée.

Durabilité du *Cryptomeria* :

Les tests de durabilité naturelle de cette essence, a été effectué par Madame KUTNIK Magdalena, responsable de l'essai et ses opérateurs. La durabilité naturelle du *Cryptomeria* a été testée par rapport à ses 3 types d'agresseurs de bois. Selon la norme EN 46, 10 larves du capricorne *Hylotrupes bajulus* sont introduites sur 30 éprouvettes de duramen (cf. figure 5).



Figure 5. : Composition du *Cryptomeria*, Source : www.komansava.com, article incendie Maïdo

Après 4 semaines d'exposition, la survie et la propagation des larves dans le bois sont examinées. Les bois sont peu attaqués dans la partie duramen, contrairement à l'Aubier. Cependant, celui du Cèdre du Japon est moins attaqué que celui du Pin Sylvestre et génère une très forte mortalité des larves. En somme, la durabilité du *Cryptomeria* face aux capricornes est de classe D, c'est-à-dire durable, uniquement sur la partie duramen.

Le protocole de la norme EN 118, suit la durabilité naturelle du Cèdre du Japon vis-à-vis des termites souterrains *Reticulitermes flavipes*. La survie de 250 termites et le niveau de dégradation du bois sont analysés après 8 semaines d'incubation. A la fin des essais, toutes les termites sont mortes, pouvant s'expliquer par une certaine toxicité de l'arbre. Le résultant étant que le *Cryptomeria* est sensible (S) aux termites.

Selon la norme CE TS 15083-1, 120 éprouvettes sont soumises à quatre sortes de champignons *basidiomycètes lignivores*, dits de « pourriture ». Après 16 semaines d'incubation, les pertes de masse en bois opérées par ces champignons, sont mesurées. Il a pu être observé que la durabilité du *Cryptomeria* face aux basidiomycètes est de classe 2, étant durable. Toutefois, la variabilité conséquente dans les pertes de masse indique qu'il pourrait y avoir du bois de transition, moins durable. Ainsi, la durabilité naturelle vis-à-vis des champignons testés, est meilleure que celle attendue dans la norme EN 350-2, pour la classe 5 : non durable.

Ainsi, par rapport aux autres essences, le *Cryptomeria Japonica* possède une bonne durabilité. Celui-ci est donc un atout pour construire avec un bois local. En effet, le Pin Sylvestre, le Pin Maritime, le Douglas et le Mélèze importés, sont durables face aux capricornes, sensibles aux termites et de classes 3-4 (sensible) pour les champignons. Pour l'Epicéa et le Sapin, ils sont sensibles aux capricornes, aux termites et aux champignons. Le Western Red Cedar, est quant à lui durable aux larves de capricornes, sensible aux termites et possède une résistance variable face aux champignons allant de durable à sensible, de classe 2-3. En somme, le *Cryptomeria* de La Réunion diffère de celui originaire du Japon au niveau de la durabilité. On peut donc utiliser le bois à l'état naturel concernant le traitement face aux champignons, d'après la norme EN 350-1. Il faut également tester l'imprégnabilité du *Cryptomeria* pour sa commercialisation.

Imprégnabilité du *Cryptomeria* :

L'imprégnabilité du Cèdre du Japon a été réalisée par Madame RAPHALEN Elisabeth et Monsieur LEGAY Stéphane, responsable de l'essai, à l'aide ses techniciens. Il consiste à imprégner l'aubier et le cœur de l'arbre, avec une solution aqueuse de sulfate de cuivre, grâce à l'autoclave pilote du laboratoire de chimie, d'écotoxicologie du FCBA. Cet essai sera comparé avec deux essences : l'aubier de Pin Sylvestre, qui est imprégnable et l'Epicéa, qui est réfractaire au traitement. Ils servent de témoins. Cet essai porte sur la classification des éprouvettes du Cèdre du Japon, mais ne permet pas de caractériser l'imprégnabilité de cette essence dans son ensemble. L'aubier du *Cryptomeria* possède une imprégnation de classe 1, indiquant qu'il est imprégnable. Les résultats concernant le duramen, présentent une variabilité de classement allant de 1 à 4 (cf. **tableau 6**).

Tableau 6 : La classification d'imprégnabilité des cerne du Cryptomeria, Source : Fiche Normalisation du Cryptomeria de La Réunion

Classe d'imprégnabilité	Données (mm)	Résultat
1	Moyenne de largeur de cerne moyenne	11
	Min de largeur cerne	8
	Max de largeur cerne	18
2+	Moyenne de largeur de cerne moyenne	10
	Min de largeur cerne	10
	Max de largeur cerne	10
2	Moyenne de largeur de cerne moyenne	6
	Min de largeur cerne	6
	Max de largeur cerne	6
3	Moyenne de largeur de cerne moyenne	7
	Min de largeur cerne	5
	Max de largeur cerne	9
4	Moyenne de largeur de cerne moyenne	6
	Min de largeur cerne	6
	Max de largeur cerne	6

Dans le tableau ci-dessus, les conclusions montrent une corrélation entre la largeur de cerne et la classe d'imprégnabilité. En effet, plus la largeur de cerne est ample, plus l'essence est imprégnable. D'après le tableau 6, on constate que près de la moitié des éprouvettes de duramen possède une imprégnabilité de classe 1. Le reste est classé de moyennement à non imprégnable. Par conséquent, le *Cryptomeria* est apte à recevoir un traitement de préservation. Son positionnement par rapport aux autres essences est indiqué dans la norme NF EN 350-2 : 1994. Par ailleurs, la dureté du bois, pour l'utilisation en parquet, est aussi analysée.

Dureté du *Cryptomeria* :

Celle-ci a été testée par Monsieur Didier REULING, responsable de l'essai et Monsieur Daniel IRIBARNEGARAY, opérateur. La dureté est une notion couramment employée pour caractériser la résistance face à l'usure du bois. Celle-ci est établie selon la norme NF EN 1534 « Parquets et planchers en bois : Détermination de la résistance au poinçonnement ». Il s'agit d'appliquer un poinçon, c'est-à-dire une bille en acier trempé, à l'aide d'un dispositif d'application de charge sur l'éprouvette testée. Pour un échantillon de 30 éprouvettes, la résistance au poinçonnement, c'est-à-dire la force et la déformation, a été mesurée. Les

échantillons ont été sollicités suivant le sens des fibres (parallèle Pa, perpendiculaire Pe ou transversale Tr) correspondant aux sollicitations du bois lors de sa mise en œuvre en parquet, en bois debout ou solive) (cf. figure 6).

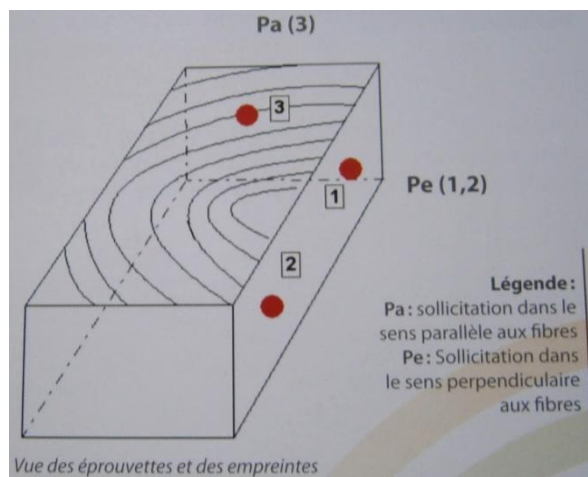


Figure 6 : Schéma des échantillons et des empreintes, Source : Fiche Normalisation du Cryptomeria de La Réunion

Les bois testés proviennent du Tévelave, des Makes et du Le Brulé. La fermeté du Cryptomeria est testée grâce à la dureté Brinell (cf. tableau 7).

Tableau 7 : Caractéristiques de la dureté Brinell, Source : Fiche Normalisation du Cryptomeria de La Réunion

	Moyenne	Coefficient de variation	Min	Max
Dureté Brinell parallèle (30 empreintes)	25N/mm ²	51%	6,5	47,1
Dureté Brinell perpendiculaire (60 empreintes)	13N/mm ²	45%	6,7	29,5

Les résultats montrent une essence qui est en moyenne, assez faible en dureté, mais ayant une forte variation autour de cette moyenne. D'après le tableau, l'ensemble des duretés se trouve autour d'une moyenne variée de 50%, peu importe l'orientation de la sollicitation. Cette variation peut s'expliquer par les spécificités des caractéristiques du bois. De plus, la masse volumique à 12%, influence de manière significative au seuil de 5%, la dureté. En somme, cette essence n'est pas apte pour la production de parquet.

Enfin, le *Cryptomeria* a été testé pour voir s'il peut être transformé, travaillé en scierie.

Usinabilité du *Cryptomeria* :

Les essais d'usinage ont été effectués par Monsieur Rémy MARCHAL, responsable du test, et ses opérateurs. Ils concernent 4 aptitudes face : au rabotage/dégauchissage, au profilage, au tournage, au ponçage. Pour le rabotage, le *Cryptomeria* est très acceptable comparé au Douglas et à l'Epicéa. Au niveau visuel, seulement deux types de défauts ont été observés et à des niveaux très faibles, avec 4% des surfaces en peluche et 20% des surfaces de marques de copeaux. À propos du profilage, il n'y a pas d'obstacle particulier et les résultats sont proches du rabotage. Concernant le tournage, les surfaces obtenues sont essentiellement mauvaises, avec beaucoup d'arrachements. Le Cèdre du Japon est donc inapte au tournage. Afin d'obtenir une qualité de surface acceptable, il est sans doute nécessaire de réaliser des opérations de finition. Quant aux surfaces ponçées, elles montrent les mêmes qualités de mouillabilité que les surfaces rabotées. Toutefois, le bois d'été du *Cryptomeria* est plus hydrophobe que le bois d'hiver. Les essais de rugosité révèlent des résultats moyens, moins bon qu'en rabotage. Ainsi, le *Cryptomeria Japonica* possède une excellente aptitude à l'usinage en mode 90°/0° pour le dégauchissage, le rabotage et le profilage. Il donne des qualités de surface exceptionnelles, y compris à proximité des nœuds. Le ponçage n'améliore pas sa qualité. A contrario, son aptitude au tournage est très infime, comme la plupart des résineux de France.

Ainsi, concernant le projet d'utilisation de la ressource en *Cryptomeria* pour La Réunion, la ressource n'est pas pérenne mais elle existe. Il faudrait donc, négocier avec Sciages de Bourbon, qui a le monopole sur le marché local, pour obtenir du bois de premier choix. Sinon, il faudrait voir directement avec l'ONF ou d'autres petites scieries, pour du bois de moindre qualité. En somme, le bois du Cèdre du Japon de La Réunion peut être utilisé comme éléments de construction pour :

- le coffrage,
- la charpente,
- l'ameublement,
- les clôtures
- les aménagements intérieurs : plafonds, bardeaux, lambris, poutres
- les aménagements extérieurs : bungalow, abri de jardin, kiosque, banc, table ...

Le Cryptomeria étant normalisé et certifié, il est désormais possible de fabriquer des briques avec ce type d'essence. Pour cela, il est nécessaire d'établir ses dimensions.

Dimensions pour l'utilisation du Cryptomeria dans la construction:

Pour l'utilisation du Cryptomeria comme bois d'œuvre, notamment comme brique, Monsieur Oliver SEGUIN, faisant dans la rénovation, la construction, a réalisé une étude de volume de bois nécessaire pour la construction d'une petite maison. Son entreprise se nomme « Atout Renov ». Il est un client potentiel pour l'association APPER qui fournira les briques. Son projet se nomme « Ti Paradis Kréol ». Il consiste à réaliser 4 maisons en bois massif bioclimatiques sur pilotis et 3 kiosques de 6m², en *Cryptomeria Japonica*. Mais également, un bassin artificiel à filtration végétale et un mur de clôture en roche. En option, la toiture pourrait être en chaume de vétiver. Cet homme, compte rajouter un parc photovoltaïque pour être le plus écologique possible.

Concernant, la brique en Cryptomeria, plusieurs dimensions sont possibles, selon le nombre de briques et en fonction de la ressource disponible :

- Pour 160 briques : 5*25*50 cm, soit 1m³ de bois fini, soit 20m².
- Pour 112 briques : 7*25*50 cm, soit 1m³ de bois fini, soit 14m².
- Pour 80 briques : 10*25*50 cm, soit 1m³ de bois fini, soit 8m².

Il serait préférable d'opter pour des dimensions de sciages optimales. Dans ce cas, il faudrait éventuellement demander conseils à des professionnels qualifiés, dans le domaine de la superstructure. Comme par exemple, le FCBA.

Pour construire une maison de 60m² en Cryptomeria, il faudrait en volume de bois :

- 25 pieds de pilotis (20 X 20 X 100 cm) soit 1 m³
- Plancher 10 X 6 mètre linéaire (pannes 7 X 25 cm) soit 2,5 m³
- Raidisseur plancher 5 X 10 mètre linéaire (pannes 7 X 25 cm) soit 2,2 m³
- Plancher lui-même de 60 m² (5 X 25 cm) soit 3 m³
- Poutres basses 32 mètre linéaire (20 X 20 cm) soit 1,2 m³
- Poteaux / raidisseurs 25 mètre linéaire (20 X 20 cm) soit 1 m³
- Poutres hautes 32 mètre linéaire (20 X 20 cm) soit 1,2 m³
- Murs de 80 m² (7 X 25 X 50 cm) soit 5,7 m³
- Charpente 4 pentes à 15% (+ ou -) soit 7 m³

- Terrasse de 10 m² soit 1,5 m³

Toutefois, ses dimensionnements devront être reconnus par des organismes certifiés, pour éviter toutes erreurs de calculs. Il serait également possible de tester virtuellement ses dimensionnements, sur des logiciels de pré-dimensionnement. Afin d'aider au mieux l'artisan à choisir son bois et singulièrement de limiter les coûts. D'ailleurs, un logiciel gratuit de pré-dimensionnement sera bientôt disponible sur le site : www.cirbat.re vers la fin 2013. La personne chargée de développer ce programme est Monsieur CASTELAU.J, chargé d'étude bois à la CIRBAT. A ne pas négliger, ces logiciels ne sont que des outils servant à la prise de décisions. Il faut donc être critique, au regard des résultats émis.

Pour le projet de Monsieur SEGUIN, il faudrait 26,3 m³ de bois usiné, soit 52,6 m³ de bois brut pour une maison. Le coût d'une maison de 60m² sur pilotis reviendrait entre 80 000€ et 85 000€, selon la hauteur du pilotis compris entre 0,50m et 2,60m hors sol. Les 3 kiosques de 6 m² sont estimés à 6 000€. Le mur en roche coûterait 16 000€ et le prix du bassin à filtration végétale serait de 10 000€. Pour les 4 projets de maisons, les toitures en chaume de vétyver reviendrait à 50 000€. En tout, l'estimation du projet « Ti Paradis Kréol » s'élèverait à 534 312€. Avant de se lancer dans des montants relativement élevés, il serait peut-être plus judicieux de fabriquer un prototype de maison en Cryptomeria, afin de déterminer les dimensions optimales des briques en Cryptomeria. De plus, les individus voulant construire avec cette essence, pourraient visiter la maison prototype, pour mieux visualiser et constater le rendu réel d'un habitacle en bois de Cryptomeria.

Par ailleurs, l'association APPER souhaiterait fabriquer des kiosques, des bungalows, des abris de jardins, afin de valoriser le savoir-faire local. Elle désirerait également améliorer l'image du patrimoine architectural réunionnais. De plus, l'association aménagerait des lieux de vie, pour faire découvrir la culture locale aux touristes, aux visiteurs. Pour garder un côté plus typique, il serait possible de rendre les kiosques, les bungalows et autres classiques, avec un attrait plus créolisé, qui a été caractérisé dans le préambule de ce mémoire. Pour ce faire, différentes modélisations ont été proposées.



Figure 7 : Modélisations d'un kiosque et d'un bungalow en bois, avec son jardin créole, Source : Google Sketchup, donnée personnelle

En somme, la normalisation du *Cryptomeria Japonica* de La Réunion, redynamise la filière bois local. En effet, celle-ci a permis la reconnaissance de cette essence dont les propriétés physico-mécanique n'étaient pas connues. Cette norme ouvre la possibilité d'utiliser cette essence de bois dans le domaine de la construction. Ainsi, cette étude a permis de montrer les atouts majeurs du *Cryptomeria* mais surtout, de clarifier les différentes propriétés du Cèdre du Japon sur l'île de La Réunion, face à son usinage, son séchage, sa durabilité et ses propriétés

mécaniques. Désormais, c'est un matériau reconnu pour un usage structurel. Par ailleurs, aujourd'hui, cette essence peut être utilisée pour tous types de constructions. Par exemple, pour fabriquer des planches, des poutres, des briques, en plus du bardage et du coffrage (cf. **figure 8**).



Figure 8 : Un exemple de bâtiment en bardage de Cryptomeria Japonica à La Réunion, Source : www.clicanoo.re, google image

Malgré un redynamisme de la filière bois, l'utilisation du Cryptomeria est assez limitée, de par sa faible production. Il existe d'autres obstacles.

1.3 Freins et contraintes

En effet, la principale contrainte de la filière bois locale est l'approvisionnement de cette ressource. En effet, la production réunionnaise est infime et limitée, de par la topographie de l'île, son aménagement et la répartition des espaces agricoles, urbains et naturels, représentant des enjeux fonciers importants.

L'exploitation du bois est aussi restreinte, du fait de la protection des forêts réunionnaises, avec la création du Parc National. De plus, la ressource en bois se localise majoritairement dans les Hauts de l'île, ne facilitant pas son accès. Le manque, le mauvais état ou l'inexistence de routes entraînent de forts coûts de mobilisation et de production. Dans son plan de gestion inter-massif, l'ONF envisage de créer des pistes, ou encore la mise en place de câbles pour extraire le bois si cela est rentable. C'est-à-dire, si la superficie de forêts est assez grande et si le financement du Cryptomeria par l'Etat se concrétise.

En outre, c'est une filière en cours d'organisation, non encore reconnue sur l'île, avec d'une part, la reconnaissance récente du bois de *Cryptomeria* dans la construction, en 2013. D'autre part, la création de la nouvelle scierie de Sciages de Bourbon, en 2008, à Saint-Benoît, n'a pas un recul suffisant pour évaluer la viabilité et la stabilité du marché local. Par ailleurs, la filière bois est un secteur déficitaire à cause des importations massives de bois d'œuvre, ayant 96% du marché, contre seulement 3 à 4% de production locale.

La ressource en bois est aussi fragile, à cause du risque d'incendie. En effet, les forêts exploitées ne sont pas à l'abri et se trouvent plutôt dans des zones à risques faibles, moyens, voire élevés (cf. figure 9).

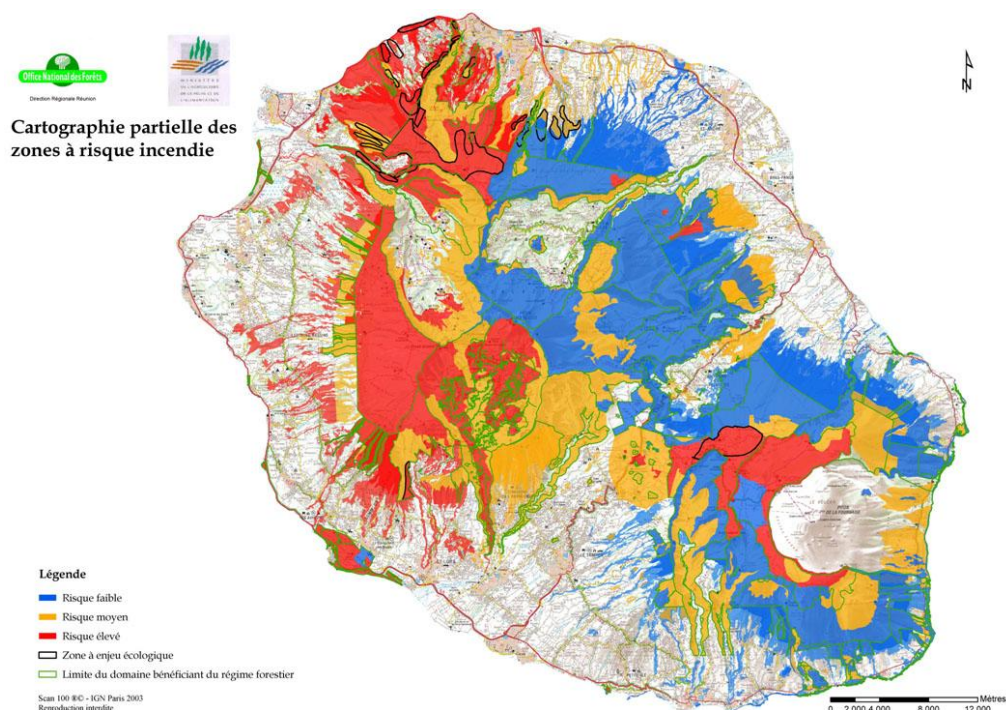


Figure 9 : Carte des risques d'incendie à La Réunion, Source : Cours de Master 1 de Mr CATRY, Risques naturels

Par ailleurs, cette ressource est sensible aux conditions climatiques, notamment au risque cyclonique pouvant provoquer des chutes d'arbres et donc influencer sur la qualité du bois. L'incendie d'octobre 2011, en est un parfait exemple. En effet, cet incendie a ravagé 3 000 hectares de forêts, brûlant la ressource en bois local. Les arbres calcinés ont été coupés par l'ONF mais des dizaines de milliers de mètres cubes menacent de pourrir sur place faute d'acquéreurs. Surtout que la seule scierie de l'île, Sciages de Bourbon ne veut pas de ce bois de 2^{ème} et de 3^{ème} classes. Comme dit précédemment, il ne prend que du 1^{er} choix. Il faut du

temps pour que les essences d'arbres acquièrent leur maturité. En peu de temps, un incendie est si vite arrivé et ravage tout sur son passage, fragilisant la filière bois locale (cf. figure 10).



Figure 10 : Une Forêt de Cryptomeria ravagée par les flammes, Source : <http://www.komansava.com/article-maido-l-incendie-a-laisse-du-bois-en-pagaille-109275312.html>

En somme, la production locale n'est pas suffisante pour répondre aux besoins des consommateurs et des entreprises. Implanter d'autres scieries, comme Sciages de Bourbon, n'est pas économiquement viable, compte tenu des volumes à traiter. Il faudrait donc valoriser le savoir-faire réunionnais à travers une ressource, certes limitée, mais de qualité. Ainsi, la viabilité de la filière bois dépend aussi des investissements entrepris en reboisement des forêts exploitées. Heureusement, il existe d'autres pistes réunionnaises à explorer. Notamment, dans le domaine de la construction écologique qui ne cessent d'innover. Cela peut s'expliquer par le progrès technologique et l'évolution des réglementations, qui se veulent plus économes, plus performantes, en matière de construction ou de rénovation.

2. Innovations écologiques et éléments architecturaux réunionnais

2.1 Matériaux novateurs : une ressource locale

Les propositions émises ici sont à prendre avec précautions, particulièrement pour les innovations dites « écologiques ». En France, le bois, la brique alvéolaire auto-isolante, le béton cellulaire et les agglomérats de produits terreux et de végétaux (chanvre, chaux...) sont des produits écologiques ou éco-compatibles les plus employés. L'intérêt de ces produits est de limiter l'impact sur l'environnement de la fabrication, au transport, à la mise en œuvre et jusqu'à arrivage du produit à destination. Précédemment, le potentiel d'exploitation de bois d'œuvre en *Cryptomeria Japonica* sur l'île, a été vu. La Réunion, importe massivement des matériaux de construction alors qu'il existe une ressource non négligeable sur l'île elle-même, mais peu exploitée ou peu connue. De plus, le programme d'action de l'association APPER

visé à encourager l'écologie sur l'île de La Réunion. C'est pourquoi, ce mémoire parlera des divers matériaux ingénieux fabriqués localement, comme l'utilisation de scories pour la construction d'une demeure. Il sera aussi question de l'emploi du bois de *Cryptomeria* en parpaing. Ce mémoire présentera également une autre innovation : la maison pliable.

Présente à La Réunion en grande quantité, la scorie est issue des projections de lave en fusion. Par conséquent, c'est une ressource à exploiter qui permettra de développer une nouvelle filière locale et donc à la création d'emplois. Un homme a compris les avantages qu'offre cette ressource. Monsieur CLERVIL Henri, technicien supérieur de l'équipement à la retraite, a développé un produit réunionnais innovant à base de scories volcaniques, mais également un procédé de construction adapté aux petites entreprises locales. Il est le gérant et fondateur de la société HAClave Industrie, créée en 2004. Ce matériau est utilisé dans les éléments de coffrage, nommé « HAClave » et d'isolation thermique, dénommé « Isol'ali » (cf. figures 11 et 12). Il peut aussi être employé comme entrevous et isolation phonique. En 2011, ce parement a remporté le lauréat du ministère de la recherche et le prix du nouvel entrepreneur. C'est en plus, une première mondiale.



Figure 11 : Photographie du parpaing Haclave et du parpaing classique en béton, Source : <http://ile-reunion.presseecologie.com/actualite/Eco-construction-la-lave-peut-elle-faire-de-l-ombre-au-b%C3%A9ton>

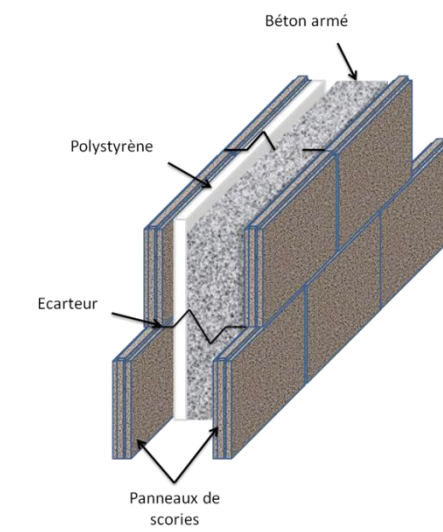


Figure 12.: Composition du parement HaClave avec isolation, Source : google image, parement haclave

Lors de sa fabrication, le procédé HAClave intègre un isolant en face interne, de type polystyrène ou autres. Ce procédé offre comme avantage non négligeable, d'augmenter, d'adapter sa résistance thermique dans les zones climatiques, comme les Hauts de l'île.

Pour des structures bois ou métalliques, les éléments de coffrage sont utilisés comme coffrage perdu pour béton banché ou en parement isolant. Comparé aux parpaings classiques, HAClave est un procédé plus simple, plus rapide et moins contraignant, facilitant le travail aux entreprises du BTP. Par ailleurs, pour rénover un édifice, ces éléments sont empilés et retenus par des rails métalliques ou par des bois fixés sur la face externe du mur à isoler. La pose se fait par emboîtement à sec et sans investissement de matériels lourds, tout en isolant l'ouvrage. Cette technique de construction est protégée par un brevet international. Ce matériau de dimensions 40*50*6,5 cm à base de scories, possède des propriétés intéressantes. En effet, il est léger, facile à découper, solide, ayant des caractéristiques de résistance au feu et à l'eau supérieures. Au niveau économique, le matériau est fixé à un prix juste, destiné à l'habitat social et à l'économie d'énergie. Sans pose, son prix est compris entre 15 €/m² et 30 €/m², hors taxe. Avec installation, son coût s'élève à 100€ HT/m². Ainsi, le coût d'une construction à base de scories volcaniques se confirme concurrentiel, car étant moins énergivore que le parpaing traditionnel, du fait de ses propriétés isolantes. En effet, l'impact sur l'environnement est relativement faible puisque les scories sont extraites localement et la fabrication, le transport du produit est réduit. Cependant, ce parement revient plus cher que le parpaing classique car n'étant pas produit à l'échelle industrielle, mais le prix est abordable pour sa qualité. Monsieur CLERVIL, veut valoriser le parement HAClave avec

un recyclage à 100% car le produit est entièrement valorisable. Cependant, il faudra créer une unité spéciale de traitement. Sa durée de vie est de l'ordre de 30 à 50 ans. Pour son entretien, sur la façade extérieure, il faudra régulièrement procéder à la réfection de l'enduit. En 2008, à la Petite-Ile, par exemple, deux logements sociaux tests ont été construits. L'un par l'entreprise HAclave (cf. **figure 13**) et l'autre par la société SICA HR en parpaing classique de béton. Les tests réalisés sur la maison en parement en scories sont concluants avec des mesures satisfaisantes à la RTAADOM.



Figure 13. : Exemple d'une maison en parement Haclave, Source : Google image, parement Haclave

Ainsi, c'est une filière en cours de structuration. Il faudra attendre les conclusions de la GEOCERT, qui est un centre reconnaissant la performance des matériaux et produits du bâtiment à La Réunion, pour utiliser ce parement HAclave. Mais c'est aussi un éco-matériau innovant, pouvant créer des emplois et des nouvelles PME. Ce mode de construction, améliore aussi le confort thermique et acoustique, ne nécessitant pas de mettre en œuvre une isolation additionnelle. Par ailleurs, le parement HAclave permet une diminution du temps de réalisation d'une maison. De plus, la ressource en scorie dans la construction ouvre de nouvelles perspectives, à approfondir, au niveau de l'exploitation locale de matériaux. Il peut répondre à la problématique de l'île, concernant la raréfaction des ressources, face aux nombreux projets de construction. Notamment, en matière de logements sociaux. L'avantage fondamental de ce procédé de parement est la valorisation de la matière première locale dans la construction comme la scorie. En revanche, l'extraction de cette matière première pose problème car une demande d'exploitation, faisant référence aux installations classées, est nécessaire. De plus, il faut avoir les fonds nécessaires pour réhabiliter le site après

exploitation, entre 300 000 et 400 000 euros. Il existe un fournisseur privé sur l'île mais la scorie est réservée à des travaux de comblement, d'ornement, à un prix exorbitant. L'entreprise HACLAVE, espère exploiter une zone indépendante afin de réduire les coûts de production. La certification et la normalisation par GEOCERT, du parement HAClave est toujours en attente. De plus, ce matériau est une alternative au parpaing classique en béton. Avantagement, ce n'est pas le seul matériau novateur de l'île.

En effet, il existe aussi le parpaing en bois massif ou en grande longueur en lamellé-collé. Monsieur RIVIERE Jim, ébéniste et fabricant de chalets, a mis aux point deux innovations que sont la maison pliable, dénommée « Click Concept » et le parpaing de bois, baptisé « Bloc JR ». Ces derniers sont protégés par des brevets internationaux. Click Concept est un système de pliage pour des constructions en bois, comme le bungalow, la buvette, l'abri de jardin et la cabane de plage. En 5 minutes, le stand peut se monter et plier et possède des roulettes. On peut le louer ou l'acheter. Mais, il peut désormais s'appliquer à des maisons de 60m², de style architectural créole (cf. figure 14). En revanche, comme critique, ce style de maison est un mauvais pastiche d'architecture créole. En effet, les ouvertures ne sont pas conformes à la RTAADOM. De plus, il n'y a pas d'auvents, ni de portes en bois, pour protéger les façades en cas de cyclones ou de fortes pluies. D'après ce monsieur, ce type de maison pliable ne nécessite pas de permis de construire ou de travaux car elle est transportable et s'installe rapidement, en quelques heures. Cependant, cet argument est inexact car toute construction, même démontable requiert un permis de construire ou une déclaration préalable, selon sa superficie et son implantation. En soit, la maison pliable est un bon concept, néanmoins il aurait dû faire appel à un architecte pour concevoir celle-ci.



Figure 14 : Maison pliable de style créole avec en premier plan son inventeur, Source : REUCCIR, le magazine d'information de la Chambre de Commerce et d'Industrie de La Réunion, hors-série novembre 2006.

Quant au Bloc JR, il a comme spécificité de s'associer sans vis, sans colle, ni clous. En effet, c'est un système d'emboîtement par queues d'arondes permettant un assemblage avantageux

tant au niveau de la résistance, de la rapidité, de l'esthétisme et la fiabilité du produit, faisant de lui un matériau innovant mondialement. L'emboîtement, le coulissement par queues d'arondes est en fait un ajustage entre deux blocs en bois, à l'aide d'une clé d'aronde. Les parpaings sont ainsi plus solidaires entre eux. Pour réaliser plusieurs étages d'une construction, des raidisseurs d'angles et des contreventements sont intégrés à la structure. Dans les Hauts de l'île, de par son climat, on rajoute au concept du parpaing, une isolation interne, par injection d'une mousse polyuréthane ou autre, afin d'améliorer les performances thermiques et phoniques des maisons. Après montage de l'habitable en Bloc JR, elle peut être habitée de suite. Par ailleurs, la maison est livrée en kit ou en semi-kit, pour ceux qui veulent construire leur propre résidence, ou exécuter par l'entreprise elle-même. En outre, autre caractéristique novatrice, des pièces supplémentaires peuvent être créées selon les fonds de l'acquéreur de ce type de construction et sur le même principe. Comme un jeu de légo en somme. Du fait de ces créations originales et pratiques, Monsieur RIVIERE modernise donc l'habitat créole, mais il omet de conserver les particularités réunionnaises. La brique étant en bois et de par sa technique unique d'emboîtement, cela fait de lui un matériau novateur et écologique, réduisant son impact sur l'environnement. Si le bois est au moins issu de forêts gérées durablement.

Comme piste exploitable, ce bloc pourrait être réalisé en *Cryptomeria Japonica*. Toutefois, la brique en *Cryptomeria* et le bloc JR sont des procédés techniques différents. Le premier procédé de brique est éco-durable puisqu'il provient des forêts de *Cryptomeria*, de l'île de La Réunion. C'est donc un éco-matériau novateur issu du savoir-faire réunionnais.

Dans la filière bois, il existe également d'autres entreprises créatives. Par exemple, la société BTPI¹¹ SOVECO a mis au point un système novateur de couverture de bois. Il se nomme cryptobardeau et a été breveté en 1997. Cependant, cette entreprise connaît quelques difficultés. Notamment, en matière de mise en œuvre en bardeaux et de traitement anti-termite. Comme par exemple, pour la toiture de l'Eglise de Saint-Leu, qui doit désormais être réhabilitée. Malgré une conception ingénieuse, SOVECO n'est donc, à priori, pas à conseiller, par manque de respect des réglementations en vigueur. Néanmoins, ici, il s'agit de connaître les sociétés locales. Par ailleurs, une filiale de BTPI SOVECO possède un site internet www.ablewood.com, qui est consacré à la construction en bois. Il s'agit d'un logiciel de calcul et de dimensionnement de structures en bois. En effet, ce site internet permet de

¹¹ BTPI : Bois Transformé Production Industrielle

calculer des structures à ossature bois et pour l'Europe de compter les charges de neiges et de vents. Ablewood est accessible en plusieurs langues, dont en français. Il s'adresse aux spécialistes de la filière bois comme les architectes, les bureaux d'études, les artisans, charpentiers, mais aussi aux particuliers à travers son module « Bois et Loisirs ». Toutefois, le site Ablewood n'est plus accessible. Il existe, en revanche d'autres sites de calculs accessibles et sans nul doute, plus performants. Il faut donc bien se renseigner sur les entreprises de l'île. De plus, il est nécessaire d'être aussi être critique envers les résultats proposés, quel que soit le type de logiciel utilisé. Ainsi, les sites de pré-dimensionnements pourraient servir à l'association pour certains calculs puisqu'elle veut fabriquer ces propres produits. Comme par exemple, le site de la CIRBAT qui sera bientôt disponible.

La place de l'innovation et de l'écologie dans les matériaux pour la construction prennent de l'ampleur. En effet, sur l'île, il existe des peintures, des isolants locaux et écologiques. Par isolant locaux, il faut entendre par-là, intégration d'un isolant en polystyrène, constituant la brique de construction. A la base, ce n'est pas un isolant écologique, mais comme il est transformé à La Réunion, le bilan carbone du transport s'en trouve réduit.

2.2 Les isolants et les peintures écologiques de La Réunion

Le mot « écologie » provient du grec "Oikos" qui signifie maison (sciences de l'habitat) et logos qui signifie discours. « Il s'agit donc de la science des conditions d'existence et des interactions entre les organismes et leur environnement. » (Source <http://www.developpement-durable.com/definition.php>). De nos jours, ce terme est largement utilisé. C'est donc une vaste notion, pouvant par exemple, servir d'argument de vente pour le marché de la construction, ou non. En effet, un produit dit écologique, peut contenir des éléments non écologiques, comme du pétrole ou des composés toxiques. Il peut également être issu de ressources naturelles. Ainsi, la plupart des matériaux de construction sont en partie écologique, du fait de leur processus de fabrication. L'énergie grise est un bon facteur, permettant de déterminer si les matériaux sont écologiques, pour tendre vers un développement plus durable. Ces derniers désignent donc, en général, des matériaux issus de ressources naturelles, qui ont une énergie grise moindre, que les métaux et les matières synthétiques. Toutefois, pour le moment, il n'existe aucun document ou repère fiable et reconnu, permettant de désigner un matériau de construction « d'éco-produit ». En effet, tous les matériaux ont un impact sur l'environnement. Il est donc difficile de qualifier le caractère

écologique d'un matériau par rapport à un autre. Les informations émises ici sont donc à prendre avec précautions, particulièrement pour les isolants dits « écologiques ».

Le 25^{ème} Salon de la Maison, au Parc des Expositions de Saint-Denis, s'est déroulé entre le 4 et le 12 mai 2013. Des informations ont pu être collectées, concernant le marché de la construction locale, mais aussi en matière d'innovations. Principalement, en matière d'isolation à base de polystyrène, et de peintures écologiques. Ces matériaux ont de l'intérêt car l'association APPER veut promouvoir l'écologie à La Réunion. Pour cela, il est donc nécessaire de considérer, d'énumérer, ces différents éléments de construction.

Les différents halls du salon étaient intéressants, dont le hall B, relatif aux peintures écologiques. La société Omniplast, fournisseur du bâtiment de l'Océan Indien, se localise à Sainte-Marie et à Saint-Pierre. Dès mars 2013, celle-ci innove, car étant la seule entreprise à distribuer des peintures et des enduits à base d'huiles végétales naturelles comme le lin, le chanvre, le ricin et le tournesol. Ces produits sont appelés « Naturalys ». De plus, ces peintures et lasures sont produites à La Réunion et la matière première provient de la France métropolitaine. Le prix varie en fonction de la teinte choisie, de la contenance d'un pot de peinture et de la surface à peindre. Par exemple, le prix d'un pot de 2,5kg varie entre 26,50€ et 44,50€. Ces produits peuvent être utilisés pour l'extérieur ou l'intérieur d'une maison sans émanation de substance toxique ou nocive. Par conséquent, ce sont des peintures écologiques qui respectent l'écosystème et limitent l'épuisement des ressources fossiles, notamment le pétrole. De plus, la société Omniplast, se veut transparente concernant la provenance des matières premières utilisées dans la fabrication des peintures qui sont indiquées sur les fiches techniques des produits. En général, la composition des peintures habituelles n'est pas clairement indiquée. La gamme de peintures « Naturalys » est donc novatrice puisqu'elle n'est pas composée de dérivés du pétrole, de solvants qui sont néfastes pour la santé de l'Homme et de l'environnement. De plus, elle joue le jeu de la transparence, sur la provenance de ses produits. Contrairement aux autres peintures écologiques, les produits « Naturalys » émettent très peu de composés organiques volatiles (COV), avec un maximum de 8 g/L contre 30g/L pour les autres peintures. En fait, toutes les peintures doivent être conformes à la législation européenne qui règlemente les matières premières dangereuses comme les COV. Pour cela, il existe des labels NF Environnement et Ecolabel prouvant leur conformité face à la réglementation. En revanche, ces labels ne prennent pas en compte la nature des matières premières utilisées naturelles ou pas. En somme, il est intéressant

d'utiliser des peintures écologiques d'une part, pour la protection de l'environnement. D'autre part, il est préférable d'utiliser les ressources renouvelables naturelles comme les huiles végétales, afin de réduire la consommation des ressources fossiles. Pour l'instant, les huiles viennent d'ailleurs, mais elles sont au moins transformées à La Réunion. L'objectif du fournisseur Omniplast est de produire localement à terme. D'autre part, les peintures écologiques ont un impact moindre sur la santé humaine avec un faible taux de COV. Ainsi, les peintures Naturalys diffère de ces concurrents car l'entreprise ne se contente pas de respecter la réglementation mais essaye au mieux d'utiliser des matières premières d'origine naturelle. Il est à noter que les peintures ayant un label NF Environnement ou Ecolabel peuvent être d'origine synthétique ou issues de l'industrie pétrochimique. Or, cette information n'est pas indiquée et peut prêter à confusion. En effet, l'entreprise Omniplast propose un lien à suivre, concernant les allégations environnementales présent dans le « Guide pratique des allégations environnementales 2012 du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et de l'Habitat » : www.economie.gouv.fr/files/guide_allégations/31janv.pdf. Ce lien peut aider à la compréhension des produits dits écologiques.

Concernant la rénovation ou la construction d'édifices, particulièrement en matière de revêtement intérieur ou extérieur, il est intéressant de conseiller à l'association APPER, la société Omniplast, avec sa gamme « Naturalys » utilisant des peintures et enduits naturels. En effet, c'est une entreprise innovante, respectueuse de l'environnement. De plus, elle est présente localement et transforme les matières premières d'huiles végétales en peintures. Ce sont donc des produits uniques, recommandables, à utiliser pour la conservation du patrimoine architectural réunionnais et de l'écologie. En matière d'isolation, le marché local se développe. En effet, lors du salon de la maison, deux entreprises proposaient un produit innovant : une brique en polystyrène qui est fabriquée à La Réunion. En fait, la matière première, c'est-à-dire les billes de polystyrène, viennent de la France et sont transformées sur l'île.

L'une des entreprises est « Phosfor bâtiment » en étroite collaboration avec « IsolTop ». Le procédé se nomme « bloc THOREM ». Il consiste à utiliser le polystyrène expansé comme élément de coffrage. Pour la superstructure, du béton et de l'acier sont employés. D'autres procédés en polystyrène, tels que la poutrelle, les entrevous et le plancher parasismique « IsolTop », ou encore la toiture « Akrotoit », sont associés au « bloc THOREM ». Ce qui est

attrayant, c'est le procédé de fabrication local, par « Sud Armatures ». De plus, le procédé est breveté et certifié par le CSTB¹². En fait, le processus de construction utilise une fondation sur vide sanitaire et la dalle repose sur une poutrelle « IsoITop » isolée. La toiture « Akrotoit » est composée de tuiles et comprend l'intégration de petits panneaux photovoltaïques (cf. figure 1, Annexe III). La brique verticale de 50 cm, est composée, à l'intérieur, d'armatures et du béton est coulé dans le vide du bloc THOREM, afin de consolider la structure (cf. figure 15).



Figure 15 : Photographies représentant le procédé du bloc THOREM, Source : donnée personnelle

L'avantage de la mousse en polystyrène est qu'elle isole thermiquement et phoniquement. De plus, cet isolant est résistant face à la corrosion, à l'abrasion et aux produits chimiques agressifs. Autre avantage, c'est un matériau léger. Il résiste à des vents de 250 km. D'après la réglementation de sécurité incendie, tout matériau de construction doit aussi être qualifié, afin d'observer sa réaction et sa résistance face à un feu. Pour ce faire, un classement existe. La facilité des matériaux à s'enflammer est classée de la manière suivante, d'après les Euroclasses:

- A1 : Incombustible
- M0 : A1 et A2 : Incombustible
- M1 : A2 : Non inflammable
- M2 : C : Difficilement inflammable
- M3 : D et A2, B, C : Moyennement inflammable
- M4 : D, E, F : Facilement inflammable

M4 représente la classe minimale et donc la plus facilement inflammable autorisée. Le « bloc THOREM » est de cette classe. C'est donc un matériau qui s'embrase plus vite, face

¹² CSTB : Centre Scientifique et technique du Bâtiment

aux autres classes. Par conséquent, il est possible qu'il contribue à alimenter un feu et donc il peut provoquer un développement d'incendie. C'est là, un point faible pour ce type de construction. À l'inverse le Cryptomeria peut être de classe variante entre M3 à M4, pour une épaisseur supérieure ou inférieure à 18 mm du bois. En revanche, le « bloc THOREM » est aux normes et conforme à la RTAADOM, au niveau de l'isolation. Celui-ci protège de l'humidité. En termes d'efficacité, le bloc THOREM assure un gain de temps et d'argent. En effet, le coût de revient d'une maison de type F4, utilisant ce procédé, est de 49 979€. Ce faible coût s'explique par l'utilisation d'un procédé de construction de type industriel, permettant de réduire les frais en main d'œuvre. Ce type de construction comprend d'autres procédés comme IsolTop, n'utilisant pas des ressources locales. Seul le bloc THOREM est un produit local. Toutefois, pour une famille modeste ou autre, voulant acquérir un bien immobilier, c'est une alternative intéressante.

Une autre entreprise fabrique propose également une brique en polystyrène. La société Blok I.C.E¹³ est une entreprise réunionnaise, fabricant et distributeur du bloc de coffrage en polystyrène. Le système est dénommé « ISOLASUP M.D.M-Océan-Indien ». Ce bloc est aussi distribué dans l'Océan Indien, notamment à Mayotte, à l'île Maurice, à Madagascar. Le principe est basé sur des blocs isolants en « Néopor » servant à réaliser des murs porteurs en béton armé banché. Des entretoises maintiennent l'écart entre les banches et servent de support pour les armatures en fer (cf. **figure 2, Annexe III**). De plus, ces éléments améliorent la résistance d'une construction face aux séismes et aux cyclones. Les banches sont les parois en « Néopor ». Les entretoises sont nécessaires pour résister à la pression du béton, lors de son coulage, en une seule fois, dans le bloc. Le « Néopor » est composé de polystyrène expansé et de micro-réflecteurs en graphite. C'est-à-dire que le produit réfléchit le rayonnement thermique efficacement. Grâce aux absorbeurs et réflecteurs d'infrarouge incorporés dans le bloc, qui prohibent les pertes de chaleur par rayonnement (cf. **figure 3, Annexe III**). C'est donc un bon isolant innovant. À propos de sa résistance face au feu, le « Néopor » est de classe M1. Il est non inflammable et auto-extinguible¹⁴. Construire une maison avec ce système de maçonnerie isolante, revient à 95€/m², comprenant la pose par un professionnel. Sans la pose, 40% de ce prix est déduit.

¹³ I.C.E : Isoler-Construire-Economiser

¹⁴ Auto-extinguible : se dit d'une substance qui peut brûler dans une flamme, mais qui s'éteint d'elle-même dès qu'on l'en retire. (Définition du Larousse)

« ISOLASUP M.D.M-Océan-Indien » est un concept permettant d'effectuer en une seule opération la structure et l'isolation d'une habitation. De plus, ce procédé respecte les normes parasismiques puisque du béton armé est utilisé. Il est aussi conforme à la réglementation thermique et acoustique, de par le pouvoir isolant du polystyrène expansé combiné à une technique de micro-réflecteurs. Il n'y a pas de pont thermique. La mise en œuvre est plus rapide que pour une installation classique car les blocs « Néopor » sont légers rendant la pose plus simple. Ils sont emboîtés plus aisément à l'aide de ferrailles, d'entretoises. L'emploi de mortier ou de colle n'est donc pas nécessaire. Par ailleurs, le « Néopor » est un produit écologique car il ne comporte pas de COV, ni de gaz d'expansion halogénés. Il est entièrement recyclable. Ce procédé n'est pas nocif pour la santé étant donné que celui-ci n'émet pas de poussière et ne provoque donc pas d'irritation. En somme, c'est un matériau innovant, performant, écologique, économique. En effet, le système « ISOLASUP M.D.M-Océan-Indien » sert d'élément de coffrage pour le béton armé, mais aussi de double isolation thermique et acoustique, pouvant satisfaire aux normes parasismiques. En outre, c'est une autre solution alternative au parpaing classique en béton. A titre de comparaison, le bloc « THOREM » est donc moins performant que le bloc « Néopor », au niveau de la classe de réaction et de résistance au feu. Toutefois, ces deux types de blocs ne sont pas écologiques car le polystyrène est un isolant polluant, lors de sa fabrication industrielle. Lorsqu'il est transformé à la Réunion, ceci permet uniquement de réduire l'énergie grise émise. En effet, tout matériau de construction subit un processus de fabrication et ne sont donc pas écologiques. Comme autre ressource naturelle locale à utiliser, il existe le potentiel de la canne à sucre qui tend à se diversifier dans d'autres secteurs de marchés. Notamment, dans la construction, comme isolants à base de bagasse.

Dans l'architecture créole d'antan, des panneaux de « bagapan » servaient de support à certaines pailletes, pour pouvoir édifier une toiture en fibres végétales. Le « bagapan » est un matériau de construction aggloméré, produit localement, à partir de la bagasse¹⁵. Il est principalement utilisé comme panneaux ligneux, dans l'ameublement. Par exemple, pour fabriquer des placards. Le « Bagapan » est remis au goût du jour et son utilisation intéresse de nombreux chercheurs. En effet, le Cerf¹⁶ explore la possibilité de réaliser des panneaux en bois issus de la bagasse. Par conséquent, le « Bagapan » saurait revenir dans une version plus résistante et entièrement naturelle. En fait, les fibres de bagasse modifiées par la chimie sont

¹⁵ Bagasse : résidu de l'extraction du sucre, à partir de la canne à sucre

¹⁶ Cerf : Centre Expérimental de Recherche et de Formation

similaires aux fibres de bois utilisés pour la construction. C'est ce que montrent les premiers résultats de Monsieur William HOARAU, ancien étudiant en thèse de Chimie. Il vise à la valorisation de la bagasse dans la transformation chimique de la lignine et donc pas seulement comme utilisation en panneaux ligneux. La lignine, pourrait remplacer les produits synthétiques utilisés notamment, dans les matériaux en bois. L'étude porte également sur l'association d'une résine de lignine avec la fibre de bagasse modifiée. Les résultats ont montrés que ce nouveau matériau pourrait remplacer complètement ou en partie le bois dans la mise en œuvre de panneaux ligneux ou autres. De plus, ce matériau gagne en durabilité naturelle face aux attaques de micro-organismes. Ce procédé est toutefois, encore à l'étude. Le « bagapan » d'antan associait déjà la bagasse à la résine, mais sa durabilité n'était pas appropriée. En effet, il était attaqué par des champignons et ne résistait pas à l'eau. Le fait de modifier chimiquement la résine lignine a permis d'observer des résultats plus concluants. Ainsi, ce serait un éco-matériau novateur, d'origine naturelle et non issu de la pétrochimie. Il pourrait même contribuer à la réduction de l'exploitation du bois pour la construction. Des recherches restent encore à faire, avant de pouvoir utiliser ce « bagapan », alliant tradition et innovation technologique.

Le savoir-faire réunionnais s'adapte donc à de nouvelles techniques, se voulant plus écologique. Cependant, le savoir-faire ancestral des artisans de l'île s'affaiblit. Pourtant les matériaux d'antan sont aussi performants que d'autres produits écologiques modernes. En effet, à l'époque, il existait déjà des éco-constructions puisque les matières premières étaient naturelles et locales. Les habitants de l'île fabriquaient des maisons avec les moyens du bord. A part le bois, qui est une matière pouvant être qualifiée d'écologique, les autres matériaux ne le sont pas vraiment. En effet, pour attribuer un caractère écologique à un produit, il faudrait le comparer à un autre grâce à leurs ACV¹⁷. Pour ce faire, ils doivent être semblables, en termes de performances techniques, de fonction d'utilisation. Mais c'est rarement le cas. De plus, pour pouvoir dire qu'un matériau est écologique, il serait nécessaire d'identifier une valeur seuil à ne pas dépasser, pour le qualifier ainsi. Autre possibilité, il faudrait voir dans la durée, ce que deviennent ces nouveaux matériaux de construction innovants, moins polluants, avant de les désigner durable.

¹⁷ ACV : Analyse du Cycle de Vie, outil d'évaluation des impacts environnementaux, de la fabrication à l'élimination du matériau arrivé en fin de vie

Aujourd'hui, les méthodes de construction ont bien évolué, mais le savoir-faire traditionnel ne doit pas s'atrophier.

II. Le savoir-faire réunionnais : un élément patrimonial à préserver

Le savoir-faire local prend ses racines dans l'artisanat, particulièrement dans l'artisanat de production. Sur l'île de La Réunion, il subsiste un fort taux de chômage qui ne cesse de croître. Ces métiers de l'artisanat engendrent de l'emploi. Représentant ainsi un espoir non négligeable de sources de revenus, tout en valorisant l'utilisation de matières premières locales pour l'architecture et sa conservation. Ces artisans possèdent des techniques adaptées aux conditions climatiques de l'île, à travers leur savoir-faire. De plus, ces derniers participent à la promotion touristique de La Réunion, grâce à la création d'objets traditionnels, reflétant la richesse culturelle créole. En effet, les ressources locales sont valorisées, mais demeurent en quantités restreintes. Néanmoins, deux formes d'artisanat sont à distinguer :

- l'artisanat traditionnel, fabriquant des objets témoins d'un mode de vie spécifique,
- et l'artisanat, dans le sens juridique du terme, représentant : « les activités règlementaires, relevant légalement du secteur des métiers ».

L'artisanat traditionnel travaille des matières nobles, comme, les végétaux, les minéraux et la terre. Le sol de La Réunion, fournit des bois de qualités, entrant dans la confection de maisons et de mobiliers créoles. Comme par exemple, le Petit natte, le Grand Natte, le Tamarin des Hauts, le *Cryptomeria*... A l'époque, la majeure partie des demeures, typiquement locales comme les charpentes, les toitures, les cloisons, les ouvertures et les ornements étaient en bois. Aujourd'hui, cette essence regagne l'intérêt de la population réunionnaise, des architectes, qui deviennent plus sensible à l'utilisation de matériaux naturels et si possible locaux. Autrefois, le *Vacoa*, *Pandanus Utilis* et le Vétiver, *Andropogon Muricatus* servaient à couvrir les toitures. Les feuilles séchées sur pied ou tombées étaient utilisées et liées en bottes, sur des supports en bambou, en goyavier et plus rarement en bagasse. Dans la vie traditionnelle locale, le bambou est présent autant dans l'habitat, à la cuisine, que pour la confection d'objets pratiques. Il se travaille vert, afin de ne pas perdre sa souplesse. Dans la construction, plusieurs variétés de bambou sont utilisées, comme le Calumet des Hauts *Nastus Borbonicus GMEL*, servant à la fabrication de cloisons en calumet tressés, ainsi que le bambou de Chine, aussi nommé « Gros bambou » ou « bambou bleu ». Par ailleurs, le basalte est l'une des matières premières minérales utilisé sur l'île, pour le revêtement décoratif de

demeures. En effet, le basalte est taillé pour faire des colonnes en pierres de taille, notamment pour les maisons en cubes béton, datant des années 1950 à 2000.

Le savoir-faire réunionnais, est un travail manuel, de patience et d'orfèvre qui est à l'heure actuelle, très peu présente. Avantagement, un regain de l'activité artisanale se fait sentir. En effet, il existe des centres de formations ouverts à tous et des artisans, qui transmettent ce savoir-faire.

1. La transmission des savoir-faire

1.1 Les formations et métiers liés à l'Artisanat

Les Centres de Formation d'Apprentis sont nombreux et ceux liés aux métiers du bois, proposent des formations en ébénisterie, en menuiserie agencement. Ils offrent également des apprentissages en structure ossature : charpente, tourneur et marqueteur. De plus, d'autres formations plus techniques existent, comme les BEP bois et matériaux associés, ou les bacs professionnels en bois de construction, aménagement et d'ébénisterie. La Chambre de Métiers et de l'Artisanat possède quant à elle, 5 centres de formations, se trouvant à Sainte-Clotilde, à Saint-André, au Port, à Saint-Gilles les Hauts et enfin à Saint-Pierre. Les offres de formations sont diverses. A Saint-André, les formations sont plus centrées sur le secteur de la construction, comme menuisier (BP), maçon (BP), constructeur bois (CAP), constructeur d'ouvrage du bâtiment en aluminium, verre et matériaux de synthèse (BP)... Comme offres de formation liées aux métiers traditionnels, la ville de Saint-Gilles les Hauts, propose une formation pour devenir tailleur de pierre (CAP). De plus, le centre de Saint-Pierre fournit un apprentissage dans l'ébénisterie, de niveau BMA ou CAP et dans la menuiserie pour fabriquer du mobilier et de l'agencement (CAP). Malgré la crise économique, l'apprentissage des métiers de l'artisanat est relancé grâce à la volonté des entreprises artisanales et des centres de formations à former les jeunes générations. Pour ces jeunes, le monde de l'artisanat est synonyme de formation, de qualification, débouchant au final sur des emplois. Cette relance n'est pas encore visible, c'est-à-dire que le taux de chômage est toujours aussi élevé, mais elle est encourageante pour l'avenir. De 2007 à 2010, le secteur de l'apprentissage a connu une forte baisse, passant de 2 504 à 2 111 apprentis inscrits dans les centres de formations de la Chambre de Métiers et de l'Artisanat. En 2011, les effectifs s'élèvent à 2 177, soit une hausse de 3,1% (cf. figure 16).

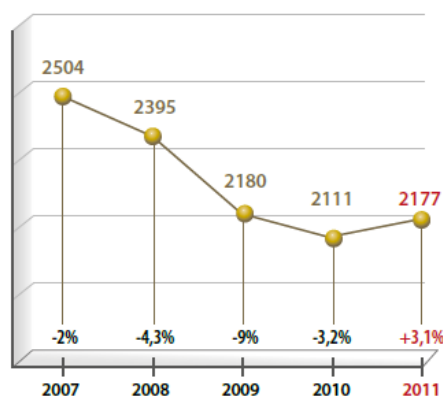


Figure 16.: Courbe de l'évolution des effectifs d'apprentis, Source : Affiche chiffres clés de l'Artisanat, 2011

Ce regain de formation, s'explique sans doute, d'une part, par la mise en place, de la loi de juillet 2011, en faveur de l'insertion professionnelle des jeunes. D'autre part, par la création d'un réseau a éventuellement contribué à cette augmentation, facilitant les contacts entre les entreprises et les jeunes. Autre raison plausible, les centres de formations ont été modernisés et labélisés « Université Régionale des Métiers de l'Artisanat ». Après une perte de 300 apprentis dans le secteur du bâtiment, durant ces 5 années, semble se stabiliser. Toutefois, au final, les jeunes formés n'ont pas tous, pour autant, un métier, sans nul doute à cause de la crise économique. L'AFPAR¹⁸ est un autre centre d'apprentissage, dispensant des formations en menuiserie du Bâtiment d'Atelier et Pose, en module Meubles Créoles et enfin en module Ossature Bois à Saint-Pierre. Cette association compte 4 centres : à Saint-Denis, à Saint-Paul, à Saint-André et à Saint-Pierre.

Pour plus de renseignements sur les différentes formations proposées, voici quelques liens utiles: www.afpar.com, ou <http://www.artisanat974.re/>. Les métiers de l'artisanat local s'oublent, mais ils doivent perdurer, afin de ne pas perdre ce savoir-faire technique, essentiel à la sauvegarde de l'architecture créole.

Les professions liées au bois à la restauration et à la rénovation des cases créoles, à ne pas omettre sont : tailleur de pierre, charpentier, bardeautier, ferblantier. Il ne faut pas non plus, oublier les métiers traditionnels, comme couvreur-chaumier, ou encore ferronnier. En effet, les techniques de production moderne n'ont pas les mêmes satisfactions qu'un produit fait main. De plus, ces techniques ne tiennent pas tout le temps compte de la perte de matière première, pour fabriquer un matériau. Le couvreur-chaumier rénove des toitures en pailles

¹⁸ AFPAR : Association pour la Formation Professionnelle des Adultes de la Réunion

végétales d'antan, ou réalise des chaumes neufs pour des commandes particulières. Dans une autre partie, le détail de ces toitures typiques seront vu.

Le tailleur de pierre effectue les parties solides d'un édifice public ou privé. Il travaille notamment le basalte et le galet. Le basalte sert à la fabrication de piliers, de dallages, de marches d'escaliers extérieures et de soubassements. De plus, il protège le plancher contre l'humidité grâce à sa porosité, à sa dureté. C'est donc une matière minérale isolante. Le galet est une ressource présente abondamment et particulièrement, dans les rivières de Saint-Etienne, du Mât et des Galets. (cf. **figure 1, Annexe IV**). De nos jours, pour satisfaire à la demande en restauration, un investissement dans des machines de taille a été nécessaire, tout en gardant la tradition à l'esprit. C'est pourquoi, certains tailleurs de pierre utilisent encore aujourd'hui, leurs outils traditionnels (cf. **figure 2, Annexe IV**). Ils sont donc plus sensibles à une confection plus ancestrale et écologique.

Pour la construction, le charpentier travaille principalement le bois. Il réalise, en outre, l'ossature des maisons. Depuis, la technique a évolué, passant des outils traditionnels à une mécanisation du travail. Pour le travail manuel, différents outils étaient utilisés pour la frappe du bois, sa découpe, son façonnage et pour les finitions (cf. **tableau 1, Annexe IV**).

Le bardeautier taille le bois en petits bouts rectangulaire de 8cm de large et de 30 cm de long, appelés bardeaux et ressemblant aux écailles des poissons. Ils sont fendus et fabriqués dans des bois locaux, comme le Petite Natte, le Bois Maigres et principalement le Tamarin des Hauts. Le bardeau fendu à la main fait appel à différents outils, nécessitant un certain savoir-faire. Comme par exemple, la tronçonneuse pour couper les troncs, la grande hache pour écorcher le bois, le fendoir pour détacher les planchettes et enfin la petite hache pour lisser le bardeau. Les bardeaux sont taillés en biseau pour faciliter la pose et leur superposition. Ci-dessous, un lien propose une vidéo dévoilant la fabrication de ce matériau : <http://www.youtube.com/watch?v=Pi6cPYtIoL8>. Le métier de bardeautier participe donc à la restauration des demeures, ayant une couverture en bardage que soit pour la toiture, pour la façade ou entièrement recouverte de bardeaux. Ultérieurement, l'utilisation du bardage pour la toiture et les façades sera développée.

Enfin, le ferblantier fabrique, à la main par des gestes précis, le lambrequin. A l'aide d'un ciseau à bois, il découpe les contours qu'il a tracés sur une feuille de tôle unie (cf. **figure 3, Annexe IV**). Au commencement, les lambrequins étaient conçus en bois. Mais avec

l'introduction de l'acier sur l'île de La Réunion, le bois n'a plus été utilisé car le fer est plus durable dans le temps. Aujourd'hui, ce métier a quasiment disparu. En effet, les lambrequins sont fabriqués industriellement, également en contreplaqué ou en PVC. Les caractéristiques des lambrequins ont déjà été évoquées dans le préambule. Les entreprises réunionnaises ont aussi un certain savoir-faire, même si les matières premières sont importées, car certaines d'entre elles utilisent une matière reconnue écologique : le bois. Par ailleurs, d'autres, sociétés utilisent les ressources locales, ce sont principalement des artisans.

1.2 Les entreprises locales : des compétences à valoriser

Une entreprise de type artisanal est caractérisée par le nombre de salariés, composée au maximum de 10 individus. A une exception près, pour les acquéreurs du titre de « Maître Artisan en son métier », qui peuvent engager jusqu'à 15 personnes. Une société artisanale est également définie par son type d'activité. En effet, le nombre de professions liées à ce secteur, s'élève à 250 offres variées. La diversité des métiers montre un potentiel non négligeable, en matière d'emploi. La Chambre de Métiers et de l'Artisanat de La Réunion est mandatée pour consigner dans le Répertoire des Métiers, toutes les entreprises liées à l'artisanat, selon l'arrêté ministériel de 1976. D'ailleurs, depuis le 1^{er} avril 2010, l'enregistrement des auto-entrepreneurs au Répertoire des Métiers est obligatoire. En 2011, 2 255 entreprises ont été répertoriées, soit une hausse de 9,7%. En 2009, ce chiffre était considérablement plus faible, avec seulement 1 489 immatriculations recensées. A ce jour, les organismes dans le domaine de la construction ne font plus uniquement référence à l'artisanat local mais au secteur des métiers. La définition de ce secteur a été vue précédemment. En 2011, la branche professionnelle, dans la construction bois, compte 523 entreprises, dont 600 salariés, inscrits à la Chambre de Métiers et de l'Artisanat. En 2010, ce secteur avait connu une hausse de 1,5%, contre une baisse de 1,1% en 2011. La création d'entreprises ou d'embauches, dans cette branche, est donc fluctuante et instable. En revanche, la demande de constructions en bois est en nette augmentation. La chambre de Métiers et de l'Artisanat possède une liste des artisans engagés dans une démarche qualité. Quelques artisans, liés à la construction, sont présentés en annexe (cf. **figure 4, Annexe IV**). A l'heure actuelle, les entreprises traditionnelles utilisant les ressources locales sont peu nombreuses. Voici quelques artisans, reconnus par la Chambre de Métiers et de l'Artisanat, pour la construction et/ou la rénovation de demeures :

- BEGUE Jean, tailleur de pierre, nom de l'entreprise « Volcaroc », à la Plaine des Cafres (cf. **figure 5, Annexe IV**)

- LAPIERRE Jocelyn, bardeautier à Saint-Paul,
- ROMELY Luçay, charpentier. Activités : toiture, couverture et charpente en bois traditionnelle ou industrielle, à La Saline, à Saint-Paul,
- HOAREAU Didier, couvreur-chaumier à Saint-Joseph,
- LOUGNON Jérôme, couvreur-chaumier à Bras Canot. Produits proposés : chaume et calumet, *Nastus Borbonicus GMEL*

A travers la filière bois, quelques entreprises possèdent des sites internet, afin de valoriser leur savoir-faire, par le biais du progrès technologique. Ces dernières n'utilisent pas forcément la ressource locale en bois. C'est le cas de la société FIBRES. La coopérative a été créée en 1989 et se localise au Port. Le groupe FIBRES importe, transforme et commercialise du bois brut séché (5 000 tonnes/an), du bois raboté (2 500 tonnes/an), du bois traité (2 500 tonnes/an) et des bardages traités (45 000 mètre linéaire/an). Un catalogue des différents produits proposés est disponible sur le site : www.fibres.re. Ces produits sont certifiés CTB B⁺ ¹⁹, notamment, au niveau du traitement du bois.

Le manque de bois à la Réunion a obligé les entreprises à importer d'autres essences. C'est le cas de la coopérative FIBRES, afin de répondre à la demande du marché de la construction locale. Cette société s'est même développée à Mayotte, à Madagascar et à Maurice. Par ailleurs, cette dernière a même investi dans la gestion des forêts de production de bois, au Mozambique. La clientèle de ce groupe se compose d'artisans du bois, d'architectes, d'autres entreprises ou encore des particuliers. De plus, FIBRES est reconnue comme l'un des acteurs majeurs de la filière bois.

Un autre acteur important est la société Sciages de Bourbon qui se trouve à Saint-Benoît. Celle-ci scie des bois locaux, comme le *Cryptomeria Japonica* ou encore le Tamarin des Hauts. Elle participe donc à la valorisation des matériaux locaux, même si le mode de production est devenu industriel. Ainsi, les entreprises réunionnaises des savoir-faire, pas forcément traditionnel où l'écologie retrouve sa place. En effet, les entreprises locales sont pour la replantation de forêts et pour la récupération des chutes de bois. Ces chutes sont réduites en copeaux, pouvant servir de litières animales.

¹⁹ CTB B⁺ : certification attestant de la non toxicité du bois traité pour l'environnement et la santé. Atteste de la conformité du processus de traitement et de son efficacité

Il existe un autre exemple d'entreprise sensible au développement durable, sur l'île : il s'agit d'OSSATURE Bois des Mascareignes. En effet, les matériaux utilisés par cette société, répondent aux exigences réglementaires et écologiques. De plus, les fournisseurs sont labélisés PEFC²⁰, FSC²¹ et certifiés CTB B⁺, gageant de la qualité et de la durabilité des produits bois. REUNION OSSA Bois est spécialisée dans la construction de maisons à ossature bois à La Réunion. Elle réalise également des constructions mixtes : en bois et en béton. Le Pin Sylvestre est la principale essence importée.

Par ailleurs, il existe d'autres sociétés sur l'île, ici, celles citées plus haut ne sont que des exemples parmi tant d'autres, mais dont le travail est reconnu. En somme, face à la multitude d'entreprises dans le secteur de la construction, pour faire son choix et pour les différencier, il est nécessaire de juger et de comparer les compétences, l'organisation, la technique et le savoir-faire de ces sociétés. En effet, au-delà de l'attractivité des prix proposés, les labels, les certifications et les normes prouvent la conformité des matériaux, par rapport aux réglementations, valorisant ainsi leur savoir-faire. Ainsi, l'architecture réunionnaise évolue, se modernise. Toutefois, il ne faut pas oublier que les spécificités d'antan, usaient aussi de techniques traditionnelles similaires et de matériaux locaux.

2. L'architecture créole et ses spécificités : un savoir-faire à conserver et sa place dans l'intégration de l'habitat moderne, dans la rénovation

2.1 La couverture des toitures et des façades ancestrales : des spécificités locales

L'association APPER veut valoriser l'utilisation des matériaux locaux et du savoir-faire réunionnais. Pour l'association, il s'agit de relancer le métier de couvreur-chaumier traditionnel. Les artisans restants ont été évoqués précédemment. Le vétiver, *Andropogon Muricatus*, est l'une des principales ressources naturelles performante pour les chaumes. Autrefois, les toitures végétales en chaume et le bardage des maisons étaient nombreux, mais avec l'arrivée de la tôle, elles se font rares aujourd'hui.

Une question demeure : ses spécificités locales peuvent-elles s'intégrer dans l'évolution de l'architecture moderne ou seulement pour la conservation de l'architecture traditionnelle?

²⁰ PEFC : Program for the Endorsment of Forest Certification Schemes : label attribué aux bois provenant de forêts gérées durablement

²¹ FSC : Forest Stewardship Council : label attribué aux bois provenant de forêts gérées durablement

Pour éclairer les individus sur cette question, cette partie sera consacrée aux techniques de construction ancestrales, utilisant les matériaux locaux. A travers, d'une part, une analyse historique et architecturale des couvertures végétales, notamment celles en vétiver, recouvrant les paillotes d'antan. D'autre part, à travers les techniques pour le revêtement des façades, du toit en bardage et des façades en bambou tressé, notamment avec le calumet qui est un bambou indigène.

Le toit de chaume est une tradition ancestrale à La Réunion, mais aussi en France. En effet, c'est l'un des plus vieux matériaux pour recouvrir une toiture. En **Annexe IV**, la **figure 6** montre l'évolution de la technique de toiture en chaume de vétiver. Autrefois, le choix des matières premières se faisait en fonction, de la ressource de proximité et diffère donc selon les régions de l'île. Dans les « bas » de l'île, région moins pluvieuse, les feuilles séchées de vacoa, *Pandanus Utilis*, la paille de canne à sucre et plus rarement les feuilles de choca, *Agave Americana/Rigida*, servaient de matières premières. Dans les « hauts » de l'île, là où le climat est plus frais, les feuilles de vétiver/vétyver, *Andropogon Muricatus*, originaire d'Inde, étaient la principale ressource. Ces feuilles étaient liées en bottes sur des supports horizontaux de bambou ou de goyavier, formant ainsi une toiture en chaume de vétiver. La couverture de vétiver repose sur une charpente en bois durs et en bois fins. La charpente est composée de plusieurs éléments, comme les sablières, les entrants, les poinçons, le faitage (**cf. figure 7, Annexe IV**). Les bottes de feuilles de vétiver sont attachées/cousues sur des supports horizontaux, aussi nommés « gaules ou gaulettes » (**cf. figures 8 et 9, Annexe IV**). Le choix du vétiver pour couvrir les toits de l'île n'est pas dû au hasard. En effet, cette ressource offre de nombreux avantages. C'est un matériau naturel et écologique. De plus, le vétiver est bon isolant thermique et phonique, pour une épaisseur de 25 à 30 cm. Ce genre de toiture végétale permet la conservation de la chaleur ou de la fraîcheur, selon les saisons. Néanmoins, un toit en chaume doit être rénové tous les 10 à 15 ans. Avant de rénover, il faut enlever les anciennes bottes de paille de vétiver d'une certaine manière. Pour ce faire, il faut couper les liens de vacoa, retenant les bottes aux gaulettes, à l'aide d'un simple canif soit vers le bas (en A), soit vers le haut (en B) (**cf. figure 10, Annexe IV**). Pour réhabiliter entièrement une toiture de 60m², il faut 52 bottes de vétiver. Ces bottes sont divisées en bottes plus petites. Puis, elles sont attachées sur les gaulettes de bambou ou de goyavier. Par ailleurs, le vétiver est une ressource végétale étanche et sa durée de vie est de l'ordre de 10 à 12 ans, dépendant de divers paramètres :

- La qualité de pose de la toiture,
- L'entretien de la toiture : nettoyage tous les 3 à 5 ans,
- La pente du toit : un minimum de 35°, pour faciliter l'écoulement de la pluie,
- L'exposition au soleil, à la pluie.

De nos jours, la culture du vétiver s'est amoindrie. Il ne reste plus que trois planteurs de vétiver à la Réunion. Ils cultivent seulement 1,5 ha, notamment à Saint-Joseph à Carosse. En revanche, en 2010, avec la création de l'association valorisation de la paille de vétiver et de ses dérivés, la culture est relancée. Toutefois, l'emploi du vétiver n'est pas règlementé comme matériau de construction, ce qui pose problème. Cette paille doit en effet, respecter la réglementation sur les ERP, or aucun document officiel n'atteste de sa conformité. Des tests ont bien été réalisés mais aucune information n'a été communiquée à ce jour. Monsieur Michel JAM, architecte, a utilisé du vétiver pour les hôtels Iloha et le Palm Hôtel, exclusivement pour des constructions non fermées, en extérieurs, comme des parasols ou encore des cases en paille (cf. figure 11, Annexe IV). Pour cet architecte, le problème est l'insuffisance de matière première et de main d'œuvre qualifiée pour couvrir des toitures. Autre facteur limitant à son emploi, la production de vétiver ne dure pas toute l'année. En effet, la paille ne peut être récoltée que 6 mois par an. Dans ce contexte, la survie de l'entreprise est menacée, voir incertaine. Par ailleurs, le prix d'une toiture en chaume est fluctuante et relativement coûteux, de 100 à 150 €/m². Pour couvrir une toiture 50 m², il faut compter 1000 m² de culture et 5 jours de labeur, avec 2 employés, depuis le façonnage des bottes de paille. Donc, une grande superficie de champs de vétiver est nécessaire pour la couverture d'une seule toiture, alors que sa culture est assez restreinte.

En somme, la viabilité d'une filière vétiver, solliciterait donc une demande régulière. Avant, toute chose, pour utiliser la paille de vétiver comme matériau de construction, sa résistance au feu doit être améliorée. Pour ce faire, il reste encore à obtenir le soutien financier de la Région, de l'Etat ou de l'Europe, afin d'acquérir les certifications nécessaires. En effet, les tests à opérer ont un certain coût, que ne peuvent supporter seuls, les petits artisans/producteurs de l'île. Pour développer ce marché, il faudrait donc obtenir une normalisation européenne. Pour le moment, il est conseillé d'utiliser la paille de vétiver pour la couverture des parasols, des kiosques et sur des bungalows, à vocation touristique ou pour une demande particulière. Ainsi, l'utilisation du vétiver comme toiture en chaume, dépend de divers facteurs. A l'heure actuelle, la filière doit se mettre en place, se structurer, à l'aide de

partenariats. Toutefois, il existe localement un marché de niche qu'il ne faut pas délaissier. Notamment en matière de conservation du patrimoine, axée sur le tourisme et sur le savoir-faire des artisans couvreur-chaumier, pour la rénovation ou la construction de toiture en chaume. Ce savoir-faire aurait pu se perdre, avec l'apparition de nouveaux matériaux et l'évolution des modes de vie, mais la ferveur des chaumiers restants est encore présente et a permis sa sauvegarde. Heureusement, il reste encore 4 planteurs de vétiver à La Réunion, avec des surfaces significatives :

- Monsieur Jannick HOAREAU, à Saint-Joseph au lieu-dit Bezaves : 1 ha
- Monsieur René Max HOARAU, à Saint-Joseph : 0,5 ha
- Monsieur Didier HOAREAU, à Saint-Joseph : 0,5 ha
- Monsieur Luçay ROMELY, à la Saline les Hauts de Saint-Paul : 4 ha

Depuis peu, d'autres agriculteurs le cultivent en petites surfaces, à Manapany les Hauts et au Bel-air, d'une superficie d'environ 500 m² chacun. Il s'agit de Madame Dolaine FONTAINE, de Monsieur Harold VITRY et de Madame Maria CADET... Par ailleurs, la toiture en chaume, est l'une des couvertures naturelles, les plus résistantes face à la pluie, si elle est bien entretenue. De plus, si la paille est bien posée, de manière très serrée et bien enduite, la propagation d'un feu n'est plus une appréhension palpable.

Le bardeau est également un matériau de construction traditionnel, utilisé pour recouvrir certaines toitures et les façades des vieilles maisons créoles.

Le bardeau vient du mot « barde » en arabe, signifiant « barde de lard : protégé par le lard ». C'est-à-dire que le bardeau protège la façade d'une demeure. En effet, il contribue à son étanchéité et sert de protection solaire. De plus, ce sont des petites planchettes de bois de 300 mm de longueur, de 100 mm de largeur et de 25 mm d'épaisseur. Les bardeaux sont cloués à la charpente et sont superposés en écaille, les uns sur les autres, avec un recouvrement au deux tiers. Lors de la pose, ils sont espacés de quelques millimètres, en raison du climat tropical de l'île, qui peut être très humide. Ceci, afin d'éviter de faire gondoler les façades en bois. Le lien suivant montre une vidéo, afin de parachever sur la technique de fabrication du bardeau : <http://www.youtube.com/watch?v=Pi6cPYtIoL8>. De plus, la mise en place du bardeau est une technique traditionnelle, dans certaines régions de France, à La Réunion, en Amérique de Nord, dans les pays scandinaves ou encore en Europe Orientale. A La Réunion, la principale essence locale utilisée pour faire du bardeau est le Tamarin des Hauts, *Acacia*

Heterophylla. Concernant l'importation, le Western Red Cedar, venant du Canada, est une autre essence employée, pour fabriquer les petites planchettes de bois. La durée de vie du bardage se situe entre 30 à 50 ans, selon le bois utilisé et s'il est entretenu. Le bardage agrémenté les plus belles demeures créoles, les églises et enfin les cases créoles (cf. figure 12, Annexe IV).

Le bardeau n'a pas seulement une fonction d'esthétisme. En effet, le bois permet de réguler l'hygrothermie, au sein de l'habitable, grâce à son facteur isolant et acoustique. Cependant, une isolation complémentaire, certes moins épaisse, est tout de même nécessaire pour satisfaire aux exigences règlementaires. La conductivité du bois est de 0,15 à 0,4 W.m⁻¹.K⁻¹. Par ailleurs, le bardeau n'a pas d'impact néfaste pour l'environnement. D'une part, celui-ci est labélisé FSC, certifiant la provenance du bois, issue de forêts gérées durablement. D'autre part, son énergie grise est relativement faible car la matière première est locale et travaillé artisanalement. De plus, le bardeau en fin de vie non traité est recyclable, biodégradable et participe ainsi à la réduction des déchets. Il peut être valorisé en combustible, pour chauffer les maisons dans les « Hauts » de l'île et pour la cuisson au feu de bois de mets créoles.

En revanche, si le bardeau est traité, il doit être incinéré dans un centre particulier. Or, aucun centre d'incinération n'est implanté sur l'île de La Réunion. Sans traitement/enduit, sa résistance au feu est de classe M4, soit facilement inflammable. Par ailleurs, pour éviter tous risques pathologiques, le taux d'humidité du bois doit être équilibré, avant la pose des bardeaux. De plus, cette pose requiert une certaine dextérité de la part des bardeliers. A Saint-Paul, un seul artisan officiel fabrique encore traditionnellement le bardeau en Tamarin, à partir de ses chutes de coupes. Autre inconvénient, son prix est assez élevé. En effet, sans pose, le coût est supérieur à 100 € HT/m² pour le tamarin, contre 30 € HT/m² pour le Western Red Cedar importé. Avec la pose comprise, la facture s'élève à 115 € HT/m² pour le tamarin, contre 45 € pour l'essence importé. Le montant du bardage local s'explique par une production locale limitée et un certain savoir-faire artisanal. Par année, l'ONF limite à 3% l'exploitation des forêts de Tamarin des Hauts, sur les 400 ha gérés. Autre contrariété, une forte inclinaison de toiture est nécessaire, afin de faciliter l'écoulement des pluies pour assurer l'étanchéité. Par conséquent, la surface à couvrir est donc plus importante que pour une pente plus faible. La technique du bardage est consommatrice en matière de bois. En effet, pour 1m³ de tamarin, la perte en bois s'élève approximativement à 50%, puisque le bardeau est conçu dans la partie la plus dure du bois. Ce volume de bois donne à peu près 700 à 1000

bardeaux. En outre, il est à noter qu'un label, comme FSC ou autre, n'est pas à caractère obligatoire. Sa qualité n'engage alors que l'intégrité du fabricant ou du fournisseur, puisqu'il n'a pas obligation de se plier à des contrôles extérieurs. En effet, sur le terrain, il n'est pas dit que ces forêts sont réellement gérées durablement.

En somme, pour s'intégrer dans l'habitat d'aujourd'hui, le bardage et la toiture en chaume de vétiver doivent répondre aux exigences réglementaires. Or, il reste encore à faire. Un arrêté préfectoral réunionnais a même interdit la couverture en bardeaux et en vétiver, à cause des risques d'incendies. Cependant, avec le développement des procédés de traitements des matériaux, leurs performances peuvent s'améliorer. Dans ce cas, ce ne sont plus des produits naturels puisqu'ils contiendraient des additifs ou d'autres éléments non naturels. En règle générale, si le matériau de construction subit un processus de traitement, il ne peut plus être considéré comme matériau naturel. Toutefois, si le bardage et la paille de vétiver ne sont pas traités, alors leur impact sur l'environnement est beaucoup moins néfaste. En effet, dans ces deux cas, les ressources naturelles sont très peu modifiées. Pour la conservation de l'architecture créole, les savoir-faire locaux sont indispensables, afin de rénover les toitures et les façades traditionnelles. Dans la rénovation, la technique du bardage et de la pose de bottes de vétiver ont ainsi leur place à La Réunion. Pour les façades des paillotes, une autre matière première végétale était autrefois utilisée : le calumet, *Nastus Borbonicus GMEL*. C'est une espèce de bambou endémique de la Réunion. Le calumet était tressé et décalé deux fois, d'un élément à chaque rang en vertical, en horizontal et en diagonale, afin de former des panneaux (cf. figure 13, Annexe IV). Aujourd'hui, le panneau de calumet tressé pourrait éventuellement servir de brise vent, pour une varangue non couverte. C'est une autre piste à explorer.

Les aménagements extérieurs d'une parcelle construite sont également à prendre en compte. La clôture est une marque d'identité car elle sert à délimiter et à protéger sans enlaidir l'habitable. A l'heure actuelle, le parpaing classique en béton est le plus utilisé comme clôture. Toutefois, il en existe une diversité, que ce soit en bois, en grillage, en brique, en pierre ou encore uniquement composé de haies végétales. L'offre est donc diversifiée. Par ailleurs, à l'intérieur de ces clôtures, le jardin créole a aussi sa place, comme aménagement réfléchi. En effet, il peut être considéré comme un lieu de vie.

L'implantation des maisons créoles se fait en retrait des clôtures et généralement centrée sur la parcelle, afin de laisser une place privilégiée au jardin. Il en existe de deux types : à l'avant et à l'arrière d'une cour. Le jardin de devant joue le rôle de jardin d'apparat et celui-ci n'est pas traité comme le jardin de derrière, qui est lui plus intime. Ainsi, ces aménagements extérieurs constituent des éléments majeurs du paysage réunionnais. C'est pourquoi, la technique traditionnelle en mur de pierre sèche et l'art de vivre du jardin créole, seront évoqués dans ce mémoire. En effet, ces derniers participent à l'embellissement et au confort thermique d'une construction. Ils représentent donc un certain savoir-faire et une partie du patrimoine naturel de l'île à valoriser.

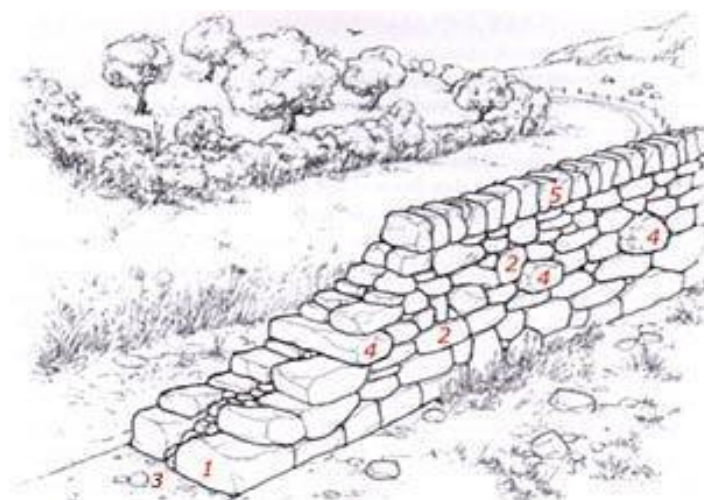
2.2 Le traitement des abords d'une construction : un savoir-faire ingénieux oublié

Mur de pierres sèches :

L'histoire de construction en pierres sèches remonte à la préhistoire, ce qui en fait l'une des plus anciennes techniques de construction. Deux techniques opposées existent :

- Les pierres utilisées brutes, sans taillage de la part de l'Homme, dans la coutume des bâtisseurs et des paysans,
- Les pierres taillées : pour que les joints correspondent exactement entre eux, comme un puzzle. Ce procédé est aussi nommé maçonnerie à joints vifs. Pour certains, la pierre taillée n'est pas considérée comme l'authentique pierre sèche.

La maçonnerie à pierres sèches diffère de la maçonnerie classique utilisant un liant, pour consolider les pierres entre elles. En effet, seule la pierre sèche est employée, sans ajout de ciment, ni de mortier, ou de tout autre matériau. Le liant est une superposition de pierres, maintenues par leurs forces de gravité, créant un équilibre. Les murs en pierre sèche sont donc très solides grâce à la disposition des pierres et l'ensemble des forces qu'elles exercent, comme le poids du sol, sur la maçonnerie. C'est donc sans liant, dans le vide entre les pierres que réside sa technicité. Par ailleurs, la construction d'un mur en pierres sèches possède une certaine structure (cf. **figure 17**). La pose se fait à l'aide d'un cordeau tendu entre deux règles.



Légende :

- 1 : Pierres de fondation
- 2 : Pierres de construction
- 3 : Cailloutis de remplissage
- 4 : Pierres de liaison
- 5 : Pierres de couverture

Figure 17 : Constitution d'un mur de pierres sèches : un savoir-faire traditionnel, Source : Extrait du livre, Murs de pierres sèches, Manuel pour la construction et la réfection, de TUFNELL Richard, de RUMPE Frank et alii <http://www.umwelteinsatz.ch/fr/publikationen/index.htm>

En effet, pour les fondations du mur, de gros blocs sont nécessaires, si le mur est élevé (cf.1). Ceux-ci doivent être joints, le plus possible avec les blocs déjà posés. Si ce n'est pas le cas, ils peuvent être taillés, à l'aide d'une barre à mine. Si le mur est d'une faible hauteur, l'utilisation de plus petits blocs est possible. Au-dessus des blocs de fondations, repose des pierres de construction, moins grosses (cf.2). Les espaces vides restants entre les pierres peuvent être comblés avec des petits fragments de pierre, sans déséquilibrer l'ouvrage (cf.3). Ensuite, pour lier les roches entre elles et ainsi pouvoir monter le mur en hauteur, des pierres de liaisons sont utilisées (cf.4). Enfin, pour terminer l'assemblage du mur, des pierres peu épaisses, de formes approximativement similaires, sont posées en mode vertical (cf.5). C'est ainsi que se compose un mur de pierres sèches. A Grand Bassin, il existe encore un exemple de ce type (cf. figure 14, Annexe IV).

Celui-ci témoigne donc d'une technique de construction traditionnelle séculaire de plusieurs siècles. Néanmoins, pour réaliser ce type d'ouvrage, chaque pierre doit être méticuleusement calée. Cela signifie que chaque élément doit reposer sur un appui stable en trois points : en deux points proches de l'extérieur du mur et en un point sur l'intérieur. Grâce à cette disposition, les pierres ne doivent plus bouger. Par ailleurs, les murs de pierres sèches offrent de nombreux avantages. En effet, la matière première, la pierre est disponible en quantité suffisante, sur le terrain en construction. De plus, cette ressource naturelle peut être issue de travaux d'aménagement routier, de démolition d'ouvrages en pierres, ou de carrières locales. Par ailleurs, même des néophytes peuvent concevoir ou réparer une clôture de pierres sèches. Ce procédé de construction est donc à la portée de tous. Pour ce faire, des livres expliquent comment bâtir ou rénover un mur de pierres sèches. Autre avantage de ce type de clôture, elle s'intègre parfaitement dans le paysage. En effet, les pierres utilisées comme matériaux de construction ne subissent pas de transformations majeures. Celles-ci conservent leur côté naturel, épuré. De plus, les murs de pierres sèches encouragent la biodiversité, l'écologie. En effet, l'intérieur de ces murs offre un microclimat et donc un micro-habitat, pour de nombreuses espèces animales et végétales. Ils participent donc à la sauvegarde de l'environnement. Cependant, ce savoir-faire s'oublie avec l'arrivée de la mécanisation, du ciment, du béton et des matériaux de construction préfabriqués de manière industrielle. Si le

mur n'est pas auto-construit, le prix métropolitain est de l'ordre de 50 € HT/m³. Par exemple, à Saint-Joseph, une clôture en roche a été construite, dans le cadre de la valorisation des savoir-faire locaux, par l'association les Fangourins (cf. figure 15, Annexe IV). Pour une hauteur de 1 m et de 0,7 m de largeur, le montant total s'est élevé à 17 800€, pour 300 m linéaire, soit 220 m³. Ce qui revient à environ 82 €/m³ ou 59 € le mètre linéaire. Il existe d'autres types de clôtures traditionnelles, mais ici, il s'agit de faire connaître ou reconnaître la technique artisanale du mur de pierres sèches, qui s'est oubliée au fil du temps. De plus, ce type de mur respecte l'environnement et participe à la création d'un biotope pour des espèces.

Par ailleurs, ce n'est pas le seul à reproduire un microclimat favorable au développement de la vie. En effet, le jardin créole occupe aussi une place importante au sein de l'habitat créole.

A La Réunion, le jardin fait partie intégrante du mode de vie réunionnais. En effet, c'est d'une part, un espace caractéristique du mode de culture traditionnel des Antilles, de la Guyane et de La Réunion. D'autre part, c'est un endroit qui peut être considéré comme un autre lieu de vie au sein de l'habitable.

Le jardin créole :

Celui-ci représente un élément du patrimoine naturel, biologique et culturel de l'île, qui tend à disparaître des cours réunionnaises. En effet, le jardin créole est délaissé par les générations actuelles, en raison du manque de temps pour s'en occuper. La modernité n'y prête plus guère attention, alors que les plantes de ce type de jardin, y sont cultivées manuellement. De plus, le travail de la terre ne plaît plus forcément à la descendance, qui se tourne plus vers les nouvelles technologies. Or, la sauvegarde du jardin créole est nécessaire, afin de valoriser le patrimoine, la tradition créole. Les jardins réunionnais puisent leur identité, à travers l'intégration d'un subtil mélange de végétaux diversifiés, venant d'Europe, d'Asie et d'Afrique. Le climat tropical de l'île, permet d'agrémenter abondamment la cour avec des plantes colorées et variées. Par ailleurs, visuellement le jardin d'une case créole paraît regrouper un fouillis de végétaux, mais il n'en est pas moins organisé (cf. figure 16, Annexe IV).

En effet, chaque plante à sa place et son usage spécifique. Le jardin traditionnel est en fait généralement composé de fleurs ornementales, de plantes médicinales. Celui-ci comprend également un verger et un potager. Cet endroit est donc multifonctionnel, servant à se soigner, à se nourrir et à se reposer. D'antan, il faut savoir que les réunionnais avaient certaines

croyances, qui sont aussi présentes symboliquement dans la cour. En effet, à l'entrée du jardin, certains végétaux servaient à protéger et à amener du bonheur aux occupants de l'habitable. En voici quelques exemples :

- La « Songe Papangue » est présente en début de cour, pour attirer l'allégresse dans la demeure. Un dicton créole dit même que : « l'eau y coule comme sur une feuille songe », c'est-à-dire que la tristesse n'entre pas
- Pour les hindous, la Cordyline rouge apporte de l'énergie
- Les plantes épineuses, comme les cactées, sont supposées chasser la malveillance ou la convoitise
- L'arôme des « œillets malbars » est censé repousser les mauvais esprits

Le jardin des grandes cours coloniales diffère de celui de l'habitat populaire. En effet, ce jardin « haut de gamme » est composé à l'avant :

- d'allées majestueuses, menant à la demeure. Les palmiers y sont plantés, afin d'apporter de l'ombrage
- de platebandes symétriques, ordonnées de jardins « à la française »
- d'une pièce d'eau : un bassin ou une fontaine

En somme, le jardin créole est un espace de transition entre la rue et la case où se mêlent des croyances. C'est un lieu d'abondance, de luxuriance et de diversité. Les végétaux plantés créent un microclimat, où viennent se poser ou vivre des espèces animales. Ce type de jardin crée un biotope où la biodiversité a sa place. Le jardin traditionnel fait donc partie de l'identité créole. Pour conserver, valoriser ses jardins, il est nécessaire de les adapter au mode de vie des nouvelles générations, qui a changé. Pour ce faire, il faudrait choisir des plantes adaptées aux différentes conditions climatiques de l'île, qui peut être sec ou humide, selon les régions et non envahissantes. L'avenir du jardin créole passe également par une culture simplifiée, demandant peu d'entretien, puisque de nos jours, les réunionnais passent moins de temps dans leur jardin. Ce serait donc plus un jardin créole moderne. Toutefois, même si le jardin traditionnel tend à disparaître, des individus se rassemblent pour le conserver. Le jardin ornemental du Domaine Manapany de la Villa des Brises, à la Petite Ile, est un parfait exemple, de volonté de sauvegarder le patrimoine naturel, culturel de l'île (cf. figure 17, Annexe IV). Il ne faut donc pas oublier la tradition du jardin créole.

Pour conclure sur le savoir-faire réunionnais, il faut transmettre aux générations suivantes ce savoir-faire. La sauvegarde du patrimoine local passe également, par la valorisation des techniques ancestrales, comme la pose d'une toiture en chaume et du bardage. La conservation de ce savoir-faire, concerne aussi les murs de pierres sèches et le jardin traditionnel. En effet, valoriser le patrimoine architectural réunionnais, c'est revenir sur des modes de construction d'antan qui étaient déjà durable, mais aussi évoluer en associant savoir-faire traditionnel et progrès scientifique. La ressource et le savoir-faire réunionnais sont certes, présents en petite quantités, mais ils sont de qualités. Cependant, la compétitivité des matériaux locaux ne fait pas le poids face une concurrence de proximité et d'importation. Par conséquent, il faudrait sans nul doute, jouer sur la qualité des produits locaux, pour s'orienter vers un marché de niche. La rareté des matières premières a donc un prix. Pour développer ce marché de niche, les clients éventuels pourraient être en plus des particuliers, les hôteliers. Ces derniers participeraient ainsi, à la valorisation du patrimoine de l'île de La Réunion envers les touristes. Toutefois, la préfecture n'autorise pas de couvrir une toiture en chaume de vétiver ou en bardeau, pour des raisons de sécurité. Il faut donc obtenir les certifications nécessaires à leur utilisation.

III. Etude comparée : les ressources locales face aux importations

La ressource locale est-elle suffisante ? Distinctement, ce n'est pas le cas, vu la faible superficie de l'île. En effet, la production est insuffisante pour couvrir les besoins de la population réunionnaise, en matière de logements. L'île de La Réunion, doit donc importer massivement, même si tel n'était pas son désir. Le marché de la construction est très règlementé, afin de permettre la commercialisation et la libre circulation des produits de construction.

1. Les réglementations encadrent les performances techniques des constructions

1.1 Cadre général lié à la construction ou à la rénovation

Pour tout projet, que soit de construction ou de rénovation d'un bâtiment, il doit respecter des normes et la réglementation thermique.

Il est à noter qu'il existe 3 types de permis : le permis de construire, le permis d'aménager et le permis de démolir. Le permis de construire et d'aménager est requis pour tous types de

travaux et d'aménagements sur une maison existante. Le permis de construire est notamment obligatoire pour tous projets de construction d'une maison individuelle. De plus, un recours à un architecte est obligatoire pour tous projets de construction supérieure à 170 m². Le permis de démolir est indispensable pour les projets de démolition totale ou partielle d'un édifice protégé ou situé dans un secteur protégé. Souvent omis, une déclaration préalable est nécessaire pour déclarer des aménagements, des constructions ou des travaux non soumis à un permis de construire. Par ailleurs, d'autres cadres réglementaires demeurent et certains pour la préservation de l'environnement.

2.2 Fin de l'obligation du quota minimum de bois dans une construction

Par exemple, le Grenelle de l'environnement avait établi une quantité minimale de bois, obligatoire, pour toutes constructions neuves. Cette obligation a été mise en place afin de lutter contre la pollution atmosphérique. En effet, le CO₂ est absorbé par le bois, permettant la réduction de pollution. En revanche, le SFIC²² et le FIB²³ ont saisi le Conseil d'Etat, sur la légitimité d'intégrer une certaine quantité de matériaux en bois, dans les nouvelles constructions. Les membres du Conseil constitutionnel ont conclu que cette obligation n'avait pas un impact direct sur la préservation de l'environnement. Ces derniers ont proclamés la censure d'obligation de jonction d'un minimum de bois, dans les nouvelles bâtisses. Ainsi, depuis le 24 mai 2013, cette règle n'est plus valable. L'article L. 224-1 du Code de l'Environnement voulait répondre aux objectifs du Grenelle de l'environnement. Cependant, les Sages du Conseil Constitutionnel ont donc donné raison au marché du béton. Alors que les réglementations, comme la RT, se veut en faveur du développement durable, passant par l'utilisation de matériaux moins énergivore. C'est donc l'incompréhension totale, particulièrement, pour les défenseurs de l'écologie, face aux lois pour la promotion de l'environnement. En effet, les décisions du Conseil d'Etat sont contradictoires, en donnant raison à un matériau produisant une quantité d'énergie grise non négligeable. Par ailleurs, les directives sont d'autres règles encadrant, généralement, la libre circulation des marchandises pour la construction en Europe.

2.3 Les Directives

Les directives ont donc un intérêt. En effet, ce sont des exigences de base, essentielles, pour assurer en Europe, la libre circulation des matériaux de construction et donc permettre les

²² SFIC : Syndicat Français de l'Industrie Cimentière

²³ FIB : Fédération de l'Industrie du Béton

importations. Pour ce faire, il a été mis en place une Directive des Produits de Construction. Celle-ci oblige tout fabricant à tester ces produits afin de satisfaire au niveau :

- de la résistance physico-mécanique,
- de la sécurité incendie,
- de son impact sur l'environnement, la santé,
- de la sobriété énergétique,
- de la protection contre les bruits,
- de l'isolation thermique...

La Directive des Produits de construction n°89/106/CCE contraint le marquage CE. Celui-ci est obligatoire pour tous les sciages de bois utilisés dans la structure d'édifice, pour leur commercialisation sur le marché. Ainsi, tous les matériaux liés à la construction doivent être certifiés, dont le bois de structure, comme les charpentes, les revêtements...

D'autres réglementations sont également à respecter : les normes. Comme par exemple, celles relatives à la normalisation du Cryptomeria, avec ses caractéristiques physico-mécanique, qui ont été précédemment évoquées. Pour la Réunion, il existe également d'autres règles de conception thermique et énergétique des bâtiments tertiaires et résidentiels, adaptées aux zones climatiques de l'île : PERENE²⁴. C'est un outil de préconisation de la conception thermique des bâtiments. Il n'est pas obligatoire et diffère de la RTAADOM.

En somme, les réglementations sont indispensables pour un environnement sain, confortable et surtout sécurisé. En effet, la certification des matériaux représente un indice de qualité qu'un produit respecte constamment les règles. Ceci est vérifié et certifié par un organisme certificateur neutre. Par ailleurs, les certifications sont une manière de se distinguer de la concurrence, en affichant des qualités contrôlées. En outre, celles-ci permettent d'être identifié comme fiable, avec des caractéristiques techniques, connues et vérifiées.

2.4 La RTAADOM diffère de la RT métropolitaine

La réglementation métropolitaine est inadaptée au climat et au mode vie des Départements d'Outre-Mer, en matière de Thermique, d'Acoustique et d'Aération. Par conséquent, une réglementation spécifique pour la construction en milieu tropical a été mise en place : la

²⁴ PERENE : PERformances ENERgétiques des bâtiments de La Réunion

RTAADOM, depuis le 1^{er} mai 2010. Celle-ci indique le niveau de performance minimal à atteindre pour les différents matériaux d'une construction. Les objectifs de la réglementation thermique sont d'économiser de l'énergie et de limiter le recours aux ressources fossiles. De plus, la RTAADOM veut favoriser l'utilisation des énergies renouvelables et respecter le confort de l'habitable au niveau hygrothermique. Mais aussi, d'isoler les murs et la toiture, de mettre en place des protections solaires. Concernant la partie aération, il est indispensable de ventiler l'habitable naturellement, dans la mesure du possible. Quant à la réglementation acoustique, il s'agit de se préoccuper de la santé et du confort des occupants, en limitant les nuisances sonores. Par exemple, avec l'isolation phonique. Les matériaux utilisés doivent être performants et donc détenir des caractéristiques techniques (cf. **tableau 8**).

Tableau 8 : Quelques caractéristiques techniques des matériaux, servant au respect de la RT et de la RTAADOM, Source : Manuel de l'Eco-Construction, 2011

Caractéristiques techniques	Définition
Résistance thermique (R) en m².K/W	Capacité à résister au passage de la chaleur. Si R est grand, alors la quantité chaleur est faible => bon isolant thermique
Conductivité Thermique (λ) en W/m.K	Capacité à laisser passer la chaleur. λ faible = bon isolant
Déphasage Thermique ou temps de transfert	Exprime le temps nécessaire à la chaleur pour entrer à l'intérieur d'un bâtiment. Pour un confort intérieur, été comme hiver.
Facteur de résistance à la diffusion de vapeur (μ)	Définit la perméabilité à la vapeur d'eau d'un matériau. N'absorbe pas les excédents de vapeur d'eau produits par un bâtiment => Etanchéité.
Energie Grise en MWh/m³	Somme des énergies nécessaire à la production, à la fabrication, au transport, à l'utilisation, au recyclage d'un matériau. Indice servant à identifier des matériaux écologiques.
Masse volumique d'un matériau (ρ) en kg/m³	Correspond à sa masse par unité de volume.
Classement au feu	Résistance d'un matériau face au feu => Réaction au feu. De classes M0 à M4 : d'incombustible à facilement inflammable.

En somme, les réglementations évoluent et sont plus centrées sur la préservation de l'environnement. Il existe même des réglementations spécifiques afin de mieux cadrer et s'adapter aux conditions climatiques distinctes des DOM et de la France métropolitaine. Les règles sont nécessaires pour orienter et aider les acheteurs à choisir des matériaux performants et durables, face à la multitude des offres du marché. Pour faciliter ces choix, des labels, des

écolabels, des certifications, existent et présentent les avantages que sont supposés détenir les produits de construction. Ces signes de qualité matérialisent l'engagement du fabricant à respecter les réglementations. La preuve de ses avantages est démontrée par des essais physico-mécaniques. Néanmoins, les labels ne sont pas obligatoires, mais s'appuient sur le caractère volontaire du fabricant à montrer les véritables qualités de ses produits. La qualité d'un label dépend donc du sérieux et de l'honnêteté du fabricant, puisqu'il n'a pas obligation de se plier à des contrôles extérieurs. Ainsi, les évaluations des matériaux de construction peuvent être réglementaires ou volontaires. Elles sont essentielles pour juger de l'efficacité de ses produits. Par ailleurs, les réglementations sont nécessaires afin d'examiner les qualités techniques des matériaux de construction, d'informer les acheteurs et de leur donner tous les renseignements utiles pour faire leurs choix.

Une comparaison entre les matériaux locaux et les produits importés a une certaine importance, afin d'orienter les personnes voulant rénover ou construire une maison, à faire un choix le plus objectif possible. C'est pourquoi, l'étude comparée portera sur ce sujet, afin de permettre la sélection des matériaux, en fonction de leur performance technique, leur inconvénient et leur coût. L'une des principales importations, en matière de construction, est le bois.

2. Evaluation des matériaux locaux et des produits importés

1.1 Les bois d'importations sur l'île

Les principales essences importées sur l'île de La Réunion sont regroupées en 3 catégories :

- les Feuillus Tropicaux : en provenance d'Indonésie principalement, mais aussi d'Afrique Occidentale, du Brésil et de Madagascar
- les Résineux : en provenance d'Afrique du Sud, de Madagascar
- les Feuillus Précieux : dont le Hêtre, en provenance de la France et du Canada, notamment.

Voici des exemples de bois importés. La liste n'est pas exhaustive (**cf. tableau 9**).

Tableau 9 : Différents types d'essences importées, Source : Fibres bois Catalogue 2012

Catégories de bois	Types de bois	Origines	Utilisations
Feuillus tropicaux	<ul style="list-style-type: none"> - Bilinga/Badi, <i>Nauclea Diderrichii</i> - Bosse, <i>Guarea Cedrata</i> - Dabéma, <i>Piptadeniastrum Africanum</i> - Iroko, <i>Milicia Excelsa</i> - Mucarala, <i>Burkea Africana</i> - Okan, <i>Cylicodiscus Gabunensis</i> - Poucouli, <i>Berlinia Bractosa...</i> ▪ Cumaru, <i>Dipteryx spp</i> ▪ Ipe, <i>Tabebuia spp...</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Afrique - Afrique - Afrique - Afrique - Afrique - Afrique - Afrique ▪ Brésil ▪ Brésil 	<ul style="list-style-type: none"> - Menuiseries extérieures, charpentes - Menuiseries extérieurs, intérieures, meubles ... - Charpente lourde, ossature, lamellé-collé - Charpentes, menuiseries ... - Charpentes, menuiseries... - Poteaux, charpentes, constructions en contact avec l'eau, le sol.... - Construction lourde et charpente, menuiserie... ▪ Ossature, poteaux, piquets, charpente lourde ... ▪ Deck, parquet, menuiseries
Résineux	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Pin Sylvestre, <i>Pinus Sylvestris</i> ❖ Pin de Madagascar, <i>Pinus Khasya ...</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Afrique du Sud, Madagascar, France 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Bardage, parpaing bois, lamellé-collé...
Feuillus précieux	<ul style="list-style-type: none"> • Chêne blanc, <i>Cuercus Alba</i> • Merisier, <i>Prunus Seratina ...</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • France ou Canada 	<ul style="list-style-type: none"> • Agencement intérieur, menuiserie intérieure, ébénisterie ...

Certaines informations ont été déjà évoquées dans la première partie, au niveau de la filière bois. Voici quelques statistiques, pour avoir un ordre de grandeur des importations liées au secteur du bâtiment, à La Réunion. En 2006, approximativement 13 000 tonnes de bois destinés à la transformation, ont été importés sur l'île. En 2009, le tonnage chute à environ 7 000 tonnes (cf. figure 1). Cette baisse s'explique par une diminution de l'activité liée au secteur du BTP, le déstockage et un abaissement des prix. En 2010, les importations de biens intermédiaires s'améliorent à 11,9%, contre 11,2%, en 2009. Pour les importations des produits métallurgiques et métalliques, elles augmentent à 18%. Le travail du bois s'élève à 17,6%. Les matériaux minéraux utilisés dans la construction, s'intensifient à 7,2%, contre une

perte en 2009, de 18,9%. En fait, ces pourcentages, c'est-à-dire, le taux d'importation, correspond au rapport entre la valeur des importations et le PIB. Toutefois, le bois n'est pas la seule ressource importée. En effet, il existe une multitude de produits issus du transport maritime, comme les métaux, les minéraux, les plastiques, le ciment ...

L'étude comparée portera sur la comparaison des ressources présentes et importées sur l'île. Afin de permettre la sélection des matériaux, le plus objectivement possible, en fonction de leur performance technique, leur inconvénient et leur coût. Tout ceci, par rapport aux produits locaux, exposés, précédemment dans ce mémoire.

1.2 Le coffrage en scories face au parpaing creux

Le coffrage en scories ou parement « HAClave » est un matériau local. Fabriqué par HAClave Industrie, Océan-Indien. Sa composition a été vue antérieurement, comme produit novateur. Le parpaing « HAClave » peut être utilisé : en coffrage, pour l'isolation thermique et phonique, comme entrevous, pour des murs porteurs. Il peut servir pour des constructions individuelles ou collectives, pour des établissements scolaires, des hôtels ou encore pour des cloisons intérieures. En termes de réglementations, la brique en scorie ne devrait pas rencontrer de difficultés pour satisfaire aux exigences, selon Monsieur CLERVIL, gérant et fondateur de la société HAClave Océan-Indien. En effet, pour l'instant le CSTB ne voit pas de contre-indication. A l'heure actuelle, l'avis technique et les DTU²⁵ de cette brique sont en cours d'élaboration. Concernant les normes, le coffrage en scorie est en attente de validation par GEOCERT²⁶. Ces réglementations, à satisfaire, sont relativement coûteuses, notamment pour des PME locales. En général, ce sont des multinationales qui payent la facture. Or ici ce n'est pas le cas. Par exemple, pour obtenir un avis technique, le somme dépensée varie entre 200 000 € et 300 000 €. Par conséquent, pour les petites PME réunionnaises, il est difficile de tester et de faire reconnaître leurs produits novateurs, sans soutien financier extérieur. Positivement, la Région est désormais partenaire de la société HAClave, afin de l'aider à d'obtenir les certifications nécessaires à la commercialisation du bloc en scorie. Pour l'instant, ce bloc est conforme à un avis expérimental: l'ATEX²⁷. Au niveau de la résistance thermique du parement brut, elle se situe entre 0,3 et 0,5 m².K/W. Cependant, celle-ci est insuffisante et nécessite l'ajout d'une isolation dans le coffrage, surtout pour les Hauts de l'île (**cf. figure**

²⁵ DTU : les Documents Techniques Unifiés sont des normes applicables aux travaux de bâtiment.

²⁶ GEOCERT: certification pour les matériaux et produits du bâtiment performants à La Réunion.

²⁷ ATEX : Atmosphères Explosives : est une réglementation. Une Procédure rapide d'appréciation technique d'un produit ou d'un système expérimental.

12). La performance thermique est donc compensée par l'intégration d'un isolant. Son utilisation, pour des températures plus froides, est à certifier. Le produit « HAClave » est conforme, en partie, à la RTAADOM et à PERENE, mais il ne les satisfait pas, à lui seul. Par conséquent, en état brut, il n'est pas performant thermiquement. En outre, sa résistance thermique limite le recours à la climatisation et au chauffage, pour les Hauts de l'île. A titre indicatif, son prix varie entre 15 € HT/m² et 30 € HT/m² sans pose. Pour le coût posé, il s'élève à 100 € HT/m². Sa durée de vie se trouve entre 30 à 50 ans, correspondant à celle d'un bâtiment. Pour la mise en œuvre d'une bâtisse en scorie, la mobilisation de matériels lourds n'est pas nécessaire. A priori, le coffrage en scorie est conforme, en termes d'exigences, face aux risques cycloniques. En effet, un certain dimensionnement des ouvrages est requis en fonction des charges climatiques, liées au vent pour l'île. Le principal atout du parement « HAClave » Par ailleurs, c'est un matériau local car la matière première, la scorie est une ressource locale et la production aussi. De plus, la ressource est suffisante sur l'île de La Réunion. La mise en œuvre de ce matériau, permettra de créer une nouvelle filière locale et surtout de générer de l'emploi pour les réunionnais, face à l'explosion du chômage. Pour le changement climatique, ce produit en scorie a un impact positif. En effet, l'énergie grise produite est faible puisque les matériaux sont fabriqués et transportés localement. Il participe donc, à une réduction des émissions de gaz à effet de serre car le transport des scories n'est pas long, il n'y a pas d'importation de matière première. La transformation des scories en parpaings n'est pas fortement énergivores car elles sont simplement broyées puis assemblées. Toutefois, quantitativement, le taux d'énergie grise n'est pas connu. Autre avantage, des matériaux en scories arrivés en fin de vie sont recyclables, si une filière de récupération de ses déchets est mise en place. La brique « HAClave » participe au développement durable, étant donné que le chantier est à faible nuisances et que la durée des travaux est réduite. Grâce à l'emboîtement à sec, la pose est 2 à 3 fois plus rapide que le parpaing classique en béton. Les déchets de chantier sont, quant à eux, diminués, car les modules sont préfabriqués et calepinés. De plus, c'est un matériau poreux ne craignant pas les inondations, car il sèche vite. Il apporte un confort hygrothermique et une réduction des apports de chaleur venant de l'extérieur. Au niveau du confort acoustique, le parement « HAClave » permet un affaiblissement acoustique de -56 dB pour un coffrage de 6,5 cm/12cm/6,5cm, sans isolant supplémentaire. Pour un élément en scorie de 6,5 cm, c'est une réduction de -26dB. Au niveau sanitaire, il n'a pas d'impact nocif pour la santé. A priori, les scories cuites lors de sa fabrication, ne dégage pas de composés toxiques. Enfin, c'est une alternative locale au

parpaing classique. En revanche, la brique en scorie ne possède pas que des avantages. En effet, pour les façades, la réfection de l'enduit est à effectuer fréquemment. Donc, cela nécessite un entretien, qui peut être un frein à son utilisation, face au parpaing creux qui n'a pas besoin d'entretien. Le prix est aussi un peu plus élevé, mais le coût est assez proche et raisonnable par rapport au produit importé.

A priori, c'est un matériau performant à utiliser pour la construction, de par ses propriétés thermique, acoustique, hygrothermique et sa classification au feu M0, étant incombustible. C'est un produit innovant, utilisant la ressource locale en scorie, présente en quantité suffisante. La technique en béton banché est plus rapide à mettre en place et moins contraignante que le parpaing en béton coffré. Le chantier ne requiert pas d'engin de levage lourd, comme les grues par exemple. Le produit « HAClave » est donc à priori, un éco-matériau car l'impact sur l'environnement est réduit. En effet, il n'y a pas d'émissions de COV et de formaldéhyde, nocifs pour la santé des occupants. Cependant, l'isolant utilisé pour l'instant au procédé est le polystyrène expansé. Ce dernier n'est pas un matériau écologique mais l'énergie grise produite peut être réduite, si l'isolant est fabriqué à La Réunion. Ainsi, le parement « HAClave » brut est considéré écologique car il utilise une ressource naturelle : la scorie et subit peu de transformation industrielle.

Le parpaing creux ou bloc en béton classique, est constitué de 87% de gravier et de sable, de 7% d'argile et de calcaire, formant le ciment, et de 6% d'eau. Le parpaing est ensuite moulé à froid. C'est un bloc de béton de forme parallélépipède. Il peut être utilisé pour la construction de maisons individuelles, d'habitat collectif, de locaux commerciaux en restauration ou neuf, pour les murs porteurs, les cloisons et les planchers. Son prix fluctue entre 9 € et 11€ le m². Le parpaing creux satisfait les principales réglementations, comme le DTU²⁸ 20.1, les DTA²⁹ et les avis techniques. Concernant, les normes, rien n'est indiqué. Pour le classement au feu, le bloc en béton est classé A1, équivalent à M0, c'est-à-dire qu'il est incombustible. Sa résistance thermique est de 0,21 m².K/W. Elle est inférieure à celle du parpaing en scorie. La conductivité thermique du parpaing creux est de 0,41 W/m.K. Son temps de transfert est de 4 heures. C'est-à-dire que sa capacité à laisser passer plus ou moins rapidement la quantité de chaleur est de 4 heures. La brique en béton offre comme avantage, une faible énergie grise, de 219 kWh/m³. C'est un matériau recyclable à 100%, par broyage. Ce dernier constitue plutôt

²⁸ DTU : les Documents Techniques Unifiés sont des normes applicables aux travaux de bâtiment.

²⁹ DTA : 2 définitions : Diagnostic Technique d'Amiante ou Directive Territoriale d'Aménagement.

un déchet inerte pour 96% de sa masse. De plus, en cas d'inondation, ce matériau ne craint pas de se gorger et donc de développer des moisissures, car il se sèche vite, grâce à sa propriété poreuse. Le bloc en béton est donc ingélif, imputrescible, inoxydable et ne nécessite pas d'entretien. De plus, il ne nécessite pas de traitement chimique, préventif et curatif. Sa durée de vie est de 100 ans, soit supérieure à celle du parpaing « HAClave ». Toutefois, le parpaing creux est un matériau peu isolant. Pour pallier ce problème, une isolation thermique complémentaire doit être mise en place pour les régions froides. Au niveau thermique, il n'est donc pas très performant. Sa mise en œuvre est plus longue que celle du parement « HAClave » et plus bruyante, avec la mise en place des tiges de fers. Autre inconvénient, la brique en béton est lourde et très dur, ce qui rend difficile le passage de conduits, contrairement au bloc en scorie. Enfin, la dernière contrariété du parpaing creux, c'est qu'il possède une faible inertie.

En somme, un tableau synthétique, reprend le plus objectivement possible, l'efficacité du coffrage en scories et du parpaing creux en béton, selon différents paramètres. Leurs principales caractéristiques sont marquées d'une appréciation positive (+) ou négative (-) (cf. **tableau 10**). Ceci est réalisé afin d'éclairer les individus sur la performance et la qualité des matériaux de construction locaux et importés.

Tableau 10 : Tableau synthétique de comparaison entre le coffrage en scories et le parpaing classique, Source : le Mémoire et le Manuel de l'Eco-construction

Caractéristiques	Coffrage en scories	Parpaing creux en béton
Règlementations (avis techniques, certifications, normes...)	En cours	+
Performance thermique seule	-	-
Prix	+ *	+
Energie grise	+	+
Avantages	+	+
Inconvénients	+	+

*prix raisonnable pour un matériau non industrialisé et fabriqué à la Réunion

Avantageusement, la scorie n'est pas la seule ressource naturelle disponible sur l'île. En effet, le bois est l'une des principales matières premières utilisées localement. La récente

normalisation du *Cryptomeria Japonica*, en fait une ressource locale utilisable comme matériau de construction.

1.3 Le bois de *Cryptomeria Japonica* local face aux bois importés

En construction, le bois est utilisé pour une maison principale et de loisir, pour une extension, pour des murs porteurs et les cloisons intérieures. Il est également employé pour la fabrication d'un bungalow, d'un local commercial ou d'un atelier. Une demeure construite en bois est simple et rapide à mettre en œuvre. De plus, elle offre une bonne régulation thermique et une bonne isolation acoustique. Le bois sert de brises vents. Son énergie grise est très faible. La résistance au feu d'un bloc en bois est satisfaisante, avec une classe M3, soit moyennement inflammable. Le bois est un matériau écologique puisqu'il est biodégradable, recyclable et non toxique. Par ailleurs, cette ressource naturelle soutient l'exploitation des forêts, par la réutilisation des chutes de bois. Sa principale imperfection est son prix, qui s'élève à 150€ TTC/m² pour la Métropole. Ainsi, le bois possède plus d'avantages que de contrariétés. Il satisfait aux exigences réglementaires et c'est un éco-matériau, s'il n'y a pas traitement du bois nocif pour l'environnement.

A la Réunion, la normalisation du *Cryptomeria Japonica* a permis de l'utiliser pour la construction. Sa durabilité naturelle est intéressante par rapport à certaines essences importées. En effet, le *Cryptomeria* est durable et résiste bien face aux attaques des champignons basidiomycètes. Comme toute essence de bois, elle est sensible aux termites, mais celles-ci meurent après l'avoir ronger. La durabilité naturelle des bois importés comme le Pin Sylvestre, le Pin Maritime, le Douglas et le Mélèze l'Epicéa et le Sapin, est davantage plus faible que pour le Cèdre du Japon de La Réunion. En effet, elle possède une plus grande résistance face aux attaques des champignons. Ainsi, le *Cryptomeria* est une ressource compétitive et celle-ci est adaptée au climat tropical de l'île, contrairement à certaines essences importées. En effet, certains bois importés peuvent être attaqués par des champignons, car ils ne sont, sans doute, pas acclimatés à l'environnement tropical de la Réunion. Autre raison, le traitement contre les champignons n'est pas obligatoire, mais uniquement conseillé. Ce qui pourrait expliquer ces attaques, pour des maisons construites en bois, venant de l'extérieur.

Le temps de séchage du *Cryptomeria Japonica* varie par rapport aux autres essences importées. En effet, pour une épaisseur de 45 mm, le temps de séchage du Cèdre du Japon est

de 12 jours en moyenne. Pour l'Epicéa, il est de 6 jours. Pour le Pin Maritime il met en moyenne 8 jours à sécher. Par conséquent, le séchage de la ressource locale est bien plus long que les deux autres bois importés.

Le tableau ci-dessous présente quelques comparaisons d'essences en fonction de leurs valeurs de duretés (**cf. tableau 11**).

Tableau 11 : Tableau comparatif de la dureté Brinell sur quelques essences, Source : Fiche Normalisation du Cryptomeria de La Réunion

Base de données FCBA		Dureté Brinell (MPa)	
		Parallèle	Perpendiculaire
Feuillus	Chêne	57	35
	Hêtre	71	28
	Peuplier	29	12
Exotique	Teck	62	31
	Virola	23	11
Résineux	Douglas	44	18
	Western Red Cedar	25	9
	Cryptomeria	25	13

A titre de comparaison, la dureté du Cryptomeria se rapproche de celle du Peuplier ou du Western Red Cedar. Toutefois, suivant un tri la masse volumique des bois $>$ à 400 kg/m^3 , sa dureté se corrèlerait plus à celle du Douglas.

Pour la rénovation ou pour la construction, le choix des isolants est essentiel pour optimiser le confort de l'habitable. C'est pourquoi, ce mémoire propose une comparaison, en termes de performance de certains isolants, disponibles sur le marché réunionnais.

1.4 Comparaison des isolants importés

A l'heure actuelle, il n'existe pas d'isolants locaux, utilisant une matière première réunionnaise. La bagasse de la canne à sucre peut être une piste exploitable, mais encore en phase d'analyse et de recherche. Il faut pourtant bien isoler sa maison. C'est pourquoi, cette partie est consacrée à la comparaison des isolants importés à La Réunion. L'objectif est de montrer les avantages et les inconvénients de chaque isolant. Une attention particulière sera portée sur les isolants « biosourcés ». Il s'agit d'un matériau à base de matières premières végétales ou animales, renouvelables, recyclés ou non, comme le bois, le chanvre, la plume de canard, la laine de mouton, la ouate de cellulose... En fait, la majorité des matériaux « biosourcés » sont des isolants, hormis le bois. Cependant, comme tout produit de construction, ces isolants ont subis des processus de fabrication ou de mise en œuvre et ne sont donc plus naturels. En effet, les isolants « biosourcés » contiennent des additifs et d'autres matières, non « biosourcés », comme les retardateurs de feu et les produits antiparasites. Ces isolants sont considérés écologiques, dans le sens où, quelques isolants « biosourcés » sont très peu transformés. Ces derniers participent donc à une réduction

d'émission d'énergie grise. Par exemple, une entreprise locale propose des isolants « biosourcés » : ISOROI. Ces isolants proviennent de la société Biofib'isolation. Ils sont également soumis à des certifications, mais il manque encore des informations et surtout un certain recul sur les performances, dans la durée de ces isolants « biosourcés ». Par conséquent, les propositions émises dans ce mémoire sont à prendre avec précautions. Les filières dites « écologiques » ou « biosourcés », sont récentes, intéressantes et leurs produits peuvent s'améliorer. De plus, la liste des isolants présentés ici, n'est pas exhaustive. Les prix des produits importés sont ceux de Métropole.

La laine de verre et la laine de roche sont des isolants d'origine minérale, non « biosourcés » et les plus utilisés. Pour la laine de verre, les réglementations sont satisfaites. En effet, c'est un matériau souple isolant thermiquement et phoniquement. Il est incombustible, de classe A2, résistant bien au feu. En revanche, la laine de verre est toxique car un effet cancérigène et irritant pour la peau sont suspectés, mais non prouvés. Sa durée de vie est limitée à 10 ans et un risque de tassement, donc de pertes de ses qualités d'isolation sont à craindre, avec le temps. Avec une énergie grise variante, entre de 210 à 1 200 kWh/m³, ce matériau est donc polluant. La laine de verre est difficilement recyclable, sa densité et son inertie sont faibles. Sa pose doit se faire avec précaution. Sans pose, son coût s'élève à 6€/m², selon les exigences thermiques.

Ainsi, la laine de verre possède plus d'inconvénients, notamment en matière d'écologie, que de points positifs. Quant à la laine de roche, sa performance thermique et acoustique est appréciable, avec une conductivité thermique de 0,034 W/m.K. Son prix hors pose est très abordable, de l'ordre de 7€ TTC/m² et sa durée de vie est de 50 ans, soit supérieure à la laine de verre. De plus, la laine de roche conserve sa rigidité face au temps. En revanche, lors de la pose, cette laine engendre des démangeaisons et des irritations de la peau. Des précautions sont donc aussi à prendre, comme de porter un masque, des gants et des lunettes hermétiques. Comme la laine de verre, elle est également péniblement recyclable et possède une faible inertie. La laine de roche est un isolant très polluant, avec une énergie grise de l'ordre de 180 à 1 463 kWh/m³ et toxique. En somme, les laines de verre et de roche sont performantes aux niveaux des avis techniques, des normes et en terme thermique. De plus, leurs coûts sont compétitifs. Toutefois, ce sont des matériaux néfastes pour la santé et pour l'environnement. Le polystyrène et le polyuréthane sont également des isolants performants, mais toxiques en

cas d'incendie. Leurs montants sont un peu plus élevés. Respectivement, leurs prix sont de 10 € TTC/m² et de 22 € TTC/m².

Pour les isolants « biosourcés », un tableau de synthèse présente les principales caractéristiques de certains isolants. Ces derniers sont marqués d'une appréciation positive (+) ou négative (-), afin d'orienter les individus face à la diversité des offres en matière d'isolation (cf. **tableau 12**). Cependant, pour la partie critique, ce tableau, montrant les isolants « biosourcés », ne sont peut-être pas tous adaptés au climat tropical de La Réunion. Autre critique, ceux-ci sont importés et donc leur transport est polluant, même si leur énergie grise est adéquate.

Tableau 12: Tableau synthétique des différents isolants « biosourcés », Source : Manuel de l'éco-construction

Caractéristiques	Laine de chanvre	Laine de coton	Laine de coco	Ouate de cellulose	Fibre de bois	Liège expansé	Lin	Laine de mouton	Plume de canard
Avis techniques et normes	+	-	- -	+ +	+ +	-	+ +	+	+
Performance thermique	+	+ +	+ +	+ +	+	+ +	+	+ +	+
Prix	20€ +	22€ +	25-30€ -	17€ +	25-30€ -	7-40€ -	21€ +	6-13€ + +	23€ +
Energie grise	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
Avantages	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
Inconvénients	+ ⁽¹⁾ -	- ⁽²⁾	- ⁽³⁾	+ ⁽⁴⁾ -	+ +	+ ⁽⁵⁾ -	+ ⁽⁶⁾ -	- ⁽⁷⁾	+ ⁽⁸⁾ -

⁽¹⁾ : Plante consommatrice d'eau, ⁽²⁾ : Production relativement polluante, ⁽³⁾ : difficile à se procurer, inflammable si non traité, transport polluant car d'importation, ⁽⁴⁾ : avec le temps, s'effondre un peu pour la ouate de cellulose utilisé en vrac, ⁽⁵⁾ : prix élevé, ⁽⁶⁾ : dans la laine de lin présence de fibres en polyesters, ⁽⁷⁾ : production faible, non résistant face mites sans traitement, durée vie limitée de 10 à 20 ans, ⁽⁸⁾ : tassement vertical possible si non posé correctement.

Conclusion

En réponse à la problématique posée : « Quelle est la place de l'écologie et des ressources locales, dans la conservation ou la restauration du patrimoine architectural ? Est-ce de « l'éco-construction » ? »

L'écologie prend une place de plus en plus importante dans la construction. En effet, les réglementations sont plus sensibles à l'écologie et participent au développement durable. Par exemples, la mise en place du Grenelle de l'Environnement et de la directive des produits de construction. En revanche, il n'existe pas de documentations, de repères précis, permettant de qualifier un matériau de construction, d'écologique ou « d'éco-produit » ou encore de produit « biosourcé ». En effet, tous les matériaux ont un impact sur l'environnement, puisqu'ils sont transformés, fabriqués, à partir de matières premières naturelles. De plus, les matériaux de construction renferment également des additifs ou d'autres éléments non écologiques, voir toxiques, comme les produits insecticides, fongicides et les retardateurs de feu. Qualifier un produit d'écologique n'est donc pas chose aisée. Cependant, des outils d'aide existent, afin d'identifier des matériaux moins polluants, comme les normes, les labels ou les ecolabels. De plus, les certifications, la RT 2012 ou encore la RTAADOM, sont d'autres outils d'assistance. Par ailleurs, des documents, fournis par les fabricants, renseignent sur l'impact environnemental des matériaux de construction. Ce sont les FDES³⁰. Ces fiches révèlent les estimations des ACV de produits commercialisés. Elles peuvent donc contribuer à la mise en œuvre d'un étiquetage environnemental pour les matériaux de construction (voir le site : www.inies.fr).

Les ressources locales sont diverses, comme le bois, la pierre, la brique et les végétaux. La principale ressource en bois est le *Cryptomeria Japonica* de La Réunion. Cette essence peut être utilisée dans la construction, grâce à sa récente normalisation. Le cèdre du japon sert à par exemple, à fabriquer des planches, des parpaings en bois, des poutres, des charpentes. Il peut même recouvrir les façades des maisons. De plus, il est possible d'utiliser le Tamarin des Hauts, *Acacia Heterophylla*, comme bardage, pour les toitures et les façades. D'antan, la paille de vétiver, *Andropogon Muricatus* recouvrait les toitures des paillotes. Cette matière naturelle est encore disponible pour un revêtement de couverture en chaume. Plus rarement, le vacoa, *Pandanus Utilis* couvrait les toits réunionnais. Mais il servait plutôt de liens de corde pour attacher les charpentes en bois des paillotes. Par ailleurs, le calumet, *Nastus Borbonicus*

³⁰ FDES : Fiches de Déclaration Environnementales et Sanitaires

GMEL n'accumule pas la chaleur. Ce bambou endémique de l'île est utile à la confection de cloisons, de panneaux et à couvrir les plafonds de demeures créoles. Autre matériau local, les panneaux de « bagapan », à base de bagasse de canne à sucre. Sa paille recouvrait également les toitures du Sud de l'île. Comme matériau innovant local, la scorie sert à fabriquer le bloc « HAClave ». En effet, cette ressource volcanique n'était pas encore utilisée à La Réunion. Par ailleurs, le basalte taillé sert à la fabrication de piliers, de dallages, de moellons, de marches d'escaliers extérieures et de soubassements. En outre, un autre matériau local est la pierre naturelle aussi appelée galet. Celle-ci est utilisée pour la construction de murs, de clôtures en pierres sèches. Enfin, le jardin créole n'est pas à omettre car il appartient au patrimoine naturel, culturel et architectural réunionnais. En effet, ce type de jardin peut être considéré comme un autre lieu de vie complémentaire à habitat.

Ces matériaux locaux énoncés ci-dessus, possèdent également des avantages et des inconvénients. Il existe donc des freins à leurs utilisations. D'une part, les ressources locales sont limitées et les importations sont donc nécessaires, afin de répondre à la demande du marché de la construction. L'offre n'est donc pas suffisante. D'autre part, les prix des produits locaux sont plus élevés que ceux importés. De plus, sur l'île, il ne reste plus que quelques artisans traditionnels. Par conséquent, leur savoir-faire est à préserver, à transmettre. Autre obstacle, il manque des filières locales, notamment pour le vétiver. Autrement, ces dernières sont en cours de structuration, comme pour celle du bois et de la scorie. Il reste encore à faire. L'utilisation des matériaux locaux est aussi freinée par le coût pour obtenir les certifications requises pour leurs commercialisations. En effet, les artisans et les entreprises réunionnaises ne peuvent supporter à elles seules les coûts. La crise économique n'aide pas non plus. De plus, quelques matériaux sont à proscrire, dans certaines régions de l'île. Par exemple, l'emploi de la paille de vétiver n'est pas recommandé dans les régions très pluvieuses.

La transmission des savoir-faire locaux est assurée grâce à l'existence des centres de formations pour les adultes et les jeunes, comme l'AFPAR et la Chambre de Métiers et de l'Artisanat (CMA). La promotion des savoir-faire passe par la sensibilisation des jeunes aux métiers traditionnels. Il faut donc valoriser les compétences des entreprises réunionnaises, en se faisant connaître sur le marché de la construction.

Les moyens disponibles et les solutions plausibles pour utiliser les matériaux locaux sont certes limitées, mais nombreuses. Les artisans et les sociétés locales devraient s'orienter vers

un marché de niche, avant de penser à exporter leurs produits. Ces derniers doivent satisfaire les réglementations en vigueur et donc obtenir des labels attestant de la qualité de leurs matériaux. Pour ce faire, des partenariats sont nécessaires, afin de soutenir financièrement les entreprises locales. Par ailleurs, pour valoriser l'utilisation des matériaux locaux dans la construction, il faudrait éventuellement organiser des journées portes ouvertes ou participer à des salons. Ainsi, sensibiliser les individus à la conservation du patrimoine architectural, naturel et culturel de l'île est nécessaire.

Autre piste à explorer, il est préconisé de jouer sur la qualité et donc sur le savoir-faire réunionnais, pour justifier un prix plus élevé. En revanche, il ne faut pas chercher un intérêt économique à l'utilisation des matériaux locaux. En effet, la demande est supérieure à l'offre. Ce qui veut dire qu'il y a plus de clients potentiels que de matières premières disponibles. Il demeure une volonté politique de sauvegarder le patrimoine architectural réunionnais et cela passe par le savoir-faire des artisans de l'île. Ce savoir-faire fait donc partie du patrimoine, mais il se fait rare. Ainsi, il faut le partager et le transmettre aux générations suivantes.

S'il n'existe pas de documents officiels permettant de qualifier un matériau de construction d'écologique, alors quelle crédibilité accorder à ces « éco-matériaux » ?

Bibliographie

BARAT.C, 1978, *Les paillotes de l'île de La Réunion*, Réunion, Institut d'anthropologie sociale et culturelle de l'Océan Indien, Centre Universitaire de La Réunion, 79 pages

BRESSON.G, DELCOURT.J-C, DOYEN.G, 1982, *L'univers de la famille réunionnaise, livre 5 : Le patrimoine*, Réunion, Diffusion Marketing International (DMI), 219 pages

AUGEARD.Y, BARAT.C, VAISSE.C et alii, 1992, Singapour, Les Editions du Pacifique, 175 pages

RONIN.G, 2009, *Les Carnets de croquis : Dessiner des projets d'aménagement à main levée*, France, Dessain et Tolra/Larousse, 87 pages

CNIDEP, Chambre de Métiers et de l'Artisanat, COPROTEC, IUMP et alii, 2011, *Manuel de l'éco-construction*, France, EDIPA, 313 pages

FELICE.E, REVILLA.P, 2011, *Guide de l'éco-habitat l'essentiel à savoir avant de construire ou rénover*, France, Maison magazine, DUNOD

FFB, ADEME, 2011, *Règlementation thermique des bâtiments neufs : Guide construction bois*, Chambéry-Les-Tours, SEBTP

COINDIN.J-C, 2013, *Cases Créoles Construction : Catalogue*, Saint-André, COINDIN.J-C, 139 pages

2013, « Spécial Salon de la Maison : Les revêtements du sol au plafond », *Maisons Magazine Créoles*, n°75, 90 pages

GERARD.J, GRANDBRAS.O, 2013, « ECOTOLE : La tôle tropicale fait sa révolution ! Le meilleur de l'isolation à La Réunion », *Réunion Bâtiment : La revue des professionnels du bâtiment*, n°14, 92 pages

Service de la culture de Saint-Joseph, 2012, *4^{ème} Université Rurale de l'Océan Indien*, 16 pages [<http://lycee-roland-garros.ac-reunion.fr/spip/IMG/pdf/Programme-UROI-2012.pdf>, consulté le 19/04/2013]

Service de la culture de Saint-Joseph, 2010, *Université Rurale Européenne dans l'Océan Indien*, 16 pages [http://www.adraces.pt/documentos_apure/Programme_URE2010.pdf, consulté le 19/04/2013]

Habiter créole hier et aujourd'hui, *La case créole*, 1page
[<http://creative.systeme.perso.sfr.fr/Fichiers/Culturescreoles/p04.pdf>, consulté le 19/04/2013]

ADEME, 2009, *Coffrage en scorie volcanique*, 4pages [http://www.envirobat-reunion.com/IMG/pdf_12-Coffrage_en_scorie_volcanique.pdf, consulté le 24/04/2013]

ADEME, 2011, *Pour des bâtiments performants : quels matériaux pour construire et rénover ?* 28 pages
[http://www.ecocitoyens.ademe.fr/sites/default/files/guide_ademe_materiaux_pour_construire_renover.pdf, consulté le 24/04/2013]

CLERVIL.H, *Construire différemment avec un nouveau produit à base de scorie*, 7 pages
[http://www.envirobat-reunion.com/IMG/pdf_Reponses_succinctes_du_projet.pdf, consulté le 24/04/2013]

LEU Réunion, *Expérimentation Haclave*, 2 pages [http://www.envirobat-reunion.com/IMG/pdf_HaclaveLEUReunion.pdf, consulté le 24/04/2013]

BRGM, 2012, *Congrès sucrier, Résultats préliminaires de l'emploi de la bagasse dans un procédé de remédiation de sols chargés en chlordécone*, 11 pages [<http://www.canne-progres.com/publications/pdf/congres/AG107.pdf>, consulté le 11/05/2013]

Canne progrès, *Bagasse une autre valorisation est-elle possible ?* Page 3 [http://www.canne-progres.com/carocanne_06/17_19.pdf, consulté le 27/05/2013]

Cases créoles de La Réunion, [www.cndp.fr/crdp-reunion/sites/default/files/dossiers.../crdp-prec1.pdf, consulté le 04/06/2013]

(ONF), [www.onf.fr/la-reunion, consulté le 09 Avril 2013]

(Didier Mery), *Le bardeau à la Réunion*
[<http://www.didiermery.re/index.php?2008/10/25/422-le-bardeau-a-la-reunion>, consulté le 09 Avril 2013]

(Run Evasion), *Le bardeau lontan*
[http://www.runevasion.com/site_Internet_web_creation/reunion-amenagement/site/cah/lettredeshauts/amenage, consulté le 09 Avril 2013]

(Réunion Virtuel), *Définition bardeau* [http://www.reunion-virtuel.fr/Divers/Dossiers_histoire_coutumes/Divers_Discussion_Dossier_0140000000007C5

, consulté le 09 Avril 2013]

(DAAF), *La filière forêt bois* [<http://daaf974.agriculture.gouv.fr/La-filiere-foret-bois>, consulté le 09 Avril 2013]

(ADREUNION), *La filière bois* [<http://www.adreunion.com/La-filiere-Bois.html>, consulté le 09 Avril 2013]

(FIBRES), [<http://www.fibres.re/la-societe.html>, consulté le 09 Avril 2013]

(RAVATE), [www.ravate.com, consulté le 09 Avril 2013]

(SOVECO), [www.oveco.com, consulté le 09 Avril 2013]

(CIREST), *Pôle Bois* [http://www.cirest.fr/?id_rubrique=78&id_article=503, consulté le 09 Avril 2013]

(Entreprises-bois), *Eco-bloc JR est un concept breveté internationalement* [<http://www.entreprises-bois.fr/charpente-construction/maisons-bois-massif/chalets-jim-riviere.htm>, consulté le 09 Avril 2013]

(CIRBAT), *Résumé de l'étude de caractérisation du Cryptomeria Japonica de La Réunion* [<http://www.cirbat.re/caract%C3%A9risation-du-cryptomeria-japonica>, consulté le 09 Avril 2013]

(CIRBAT), *Durabilité naturelle des essences de bois commercialisées* [<http://www.cirbat.re/durabilit%C3%A9-naturelle-des-essences-de-bois-commercialis%C3%A9es>, consulté le 09 Avril 2013]

(CIRBAT), *Réalisation d'un guide des Matériaux Développement Durable Compatible (MDDC)* [<http://www.cirbat.re/guide-des-mat%C3%A9riaux-d%C3%A9veloppement-durable-compatible>, consulté le 09 Avril 2013]

(CLICANOO), *Une valeur ajoutée pour le Cryptomeria réunionnais* [<http://www.clicanoo.re/364429-une-valeur-ajoutee-pour-le-cryptomeria-reunionnais.html>, consulté le 09 Avril 2013]

(Z'INFOS 974), *Cryptomeria, le bois péi peut désormais être utilisé dans la construction* [http://www.zinfos974.com/Cryptomeria-le-bois-peu-peut-desormais-etre-utilise-dans-la-construction_a55255.html?com, consulté le 09 Avril 2013]

(LE QUOTIDIEN), *Les vérités sur le Cryptomeria*, [<http://www.lequotidien.re/opinion/le-courrier-des-lecteurs/180879-verites-sur-le-cryptomeria.html>, consulté le 19 Avril 2013]

(Sud Sauvage), *Valorisation de produits et savoir-faire locaux "Le Vétiver"* [<http://www.sudsauvage.com/Article.php?Id=86>, consulté le 19 Avril 2013]

(Réunion Interactive), *Le Vétiver ou vétyver* [<http://reunion.interactive.voila.net/frame/vetiverframe.htm>, consulté le 19 Avril 2013]

(UNESCO), *Qu'entend-t-on par « Patrimoine culturel » ?* [<http://www.unesco.org/new/fr/culture/themes/movable-heritage-and-museums/unesco-database-of-national-cultural-heritage-laws/frequently-asked-questions/definition-of-the-cultural-heritage/>, consulté le 20 Avril 2013]

(Laboratoires Université Réunion), Extrait du livre de Michel JAUZE, *Quel patrimoine pour la Réunion ?* [<http://laboratoires.univ-reunion.fr/oracle/documents/426.html>, consulté le 24 Avril 2013]

(PRESSE ECOLOGIE), *Éco-construction : la lave peut-elle faire de l'ombre au béton ?* [<http://ile-reunion.presseecologie.com/actualite/Eco-construction-la-lave-peut-elle-faire-de-l-ombre-au-b%C3%A9ton>, consulté le 24 Avril 2013]

(ENVIROBAT), *Le parement HAClave* [<http://www.envirobat-reunion.com/spip.php?article32>, consulté le 24 Avril 2013]

(ADREUNION), *Le bloc JR, construire des maisons en bois massif en kit !* [<http://adreunion.com/Industrie-du-BTP,1629.html>, consulté le 24 Avril 2013]

(ARER), *Construction Durable : comment avancer à La Réunion : les labels* [<http://www.arer.org/Construction-Durable-Comment.html?espace=Particulier>, consulté le 26 Avril 2013]

(SOVECO), *Avantage bardeau, Essences utilisés pour le bardeau* [http://www.latuiledebois.com/index.php?option=com_content&view=article&id=51&Itemid=81&lang=fr, consulté le 07 Mai 2013]

(ISOLTOP), [www.isoltop.com, consulté le 19 Mai 2013]

(PHOSFOR), [www.phosfor.co, consulté le 19 Mai 2013]

(BLOK I.C.E), [www.blokice.com, consulté le 19 Mai 2013]

(ISOROI), [www.isoroi.fr, consulté le 19 Mai 2013]

(TKBOIS), [www.tkbois.re, consulté le 19 Mai 2013]

(E-CASE CONSTRUCTION), [www.e-caseconstruction.re, consulté le 19 Mai 2013]

(KONTIO), [www.kontio.com, consulté le 19 Mai 2013]

(CIRAD), *Les enjeux de la canne à énergie*, [<http://www.cirad.fr/publications-ressources/science-pour-tous/dossiers/canne-a-sucre/les-enjeux/la-canne-a-energie>, consulté le 27 Mai 2013]

(SUCRE WIKIBIS), *Bagapan*, [<http://www.sucre.wikibis.com/bagapan.php>, consulté le 27 Mai 2013]

(UDIR), *Bagapan*, [<http://udir.org/termes-creoles/Termes-cr%C3%A9oles-2/B/Bagapan--444/>, consulté le 27 Mai 2013]

(BATI ACTU), *Constructions neuves : fin de l'obligation de quantité minimale de bois* [<http://www.batiactu.com/edito/constructions-neuves---fin-de-l-obligation-de-quantite-minimale-de-bois-35256.php>, consulté le 27 Mai 2013]

(CMA) Chambre de Métiers et de l'Artisanat, *Chiffres clés de l'Artisanat, Liste des Artisans Qualité*, [<http://www.artisanat974.re/>, consulté le 31 Mai 2013]

(AFPAR), *Le pôle Bois de l'AFPAR* [www.afpar.com, consulté le 31 Mai 2013]

(AFOCERT), *Certifications de Produits de Construction* [www.afocert.fr, consulté le 1^{er} Juin 2013]

(MAISONS CREOLES), *Portail et clôture : combinez esthétique et sécurité* [<http://www.maisonscreoles.net/2013/apr/03/portail-et-cloture-combinez-esthetique-et-securite/>, consulté le 04 Juin 2013]

(CLICANOO), *Il faut sauver les jardins créoles* [<http://www.clicanoo.re/372282-il-faut-sauver-les-jardins-creoles.html>], consulté le 04 Juin 2013]

(Le jardin créole de la villa des Brises), *le Jardin Créole mais qu'est-ce-que c'est ?* [<http://fontainechris974.wordpress.com/>], consulté le 04 Juin 2013]

(FAFE), Extrait du livre *Murs de pierres sèches, Manuel pour la construction et la réfection* [<http://www.umwelteinsatz.ch/fr/publikationen/index.htm>], consulté le 06 Juin 2013]

(Libraire EYROLLES), Livre *Construire en pierre sèche*, [http://www.eyrolles.com/BTP/Livre/construire-en-pierre-seche-9782212128482?emai_id=901&utm_source=emailing&utm_campaign=901&utm_medium=email], consulté le 06 Juin 2013]

Annexe I : L'architecture réunionnaise et son évolution

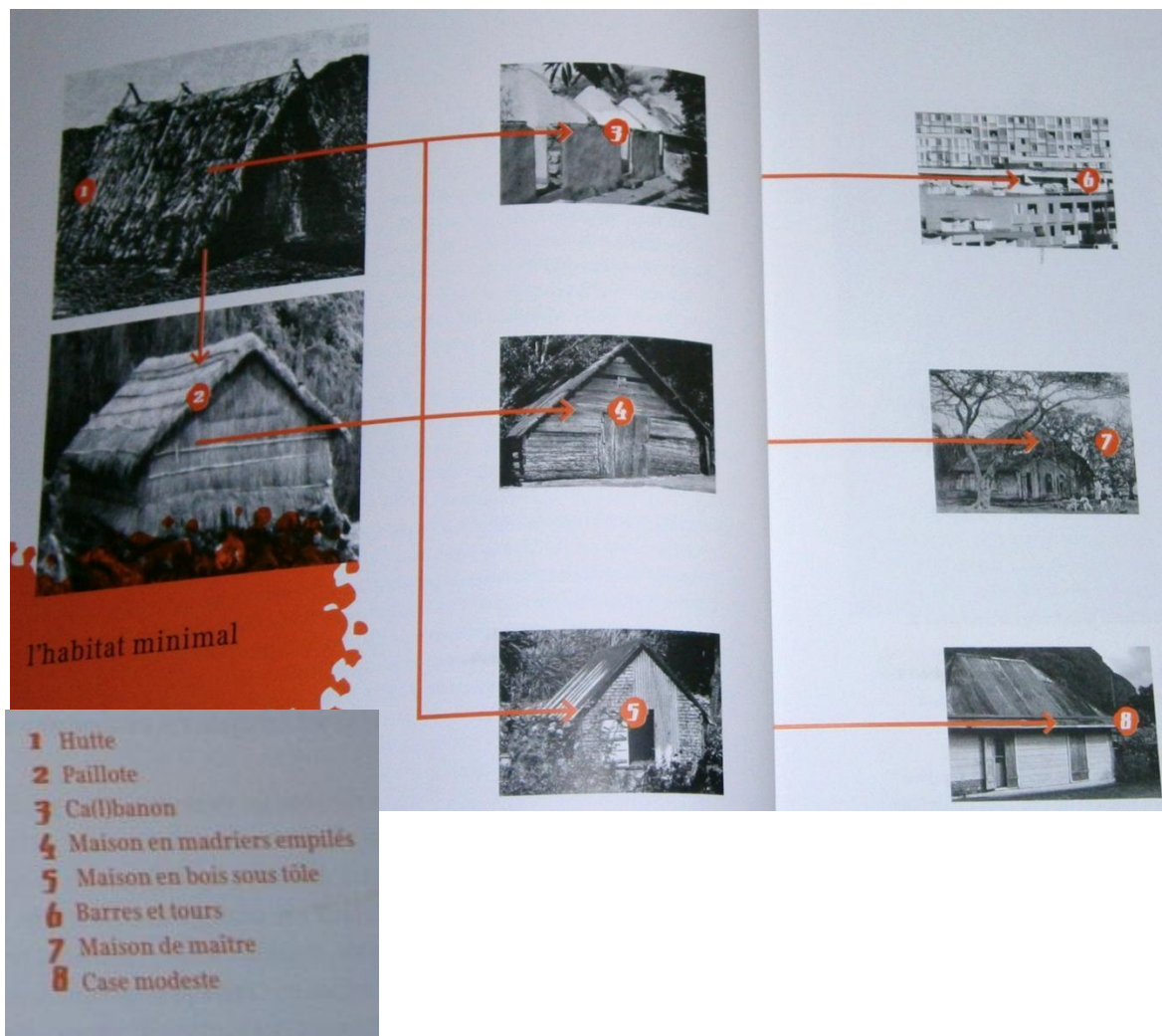


Figure 1 : Les différentes évolutions de l'architecture créole, Source : Livre « 350 ans d'architecture de la Réunion », réalisé par le CAUE

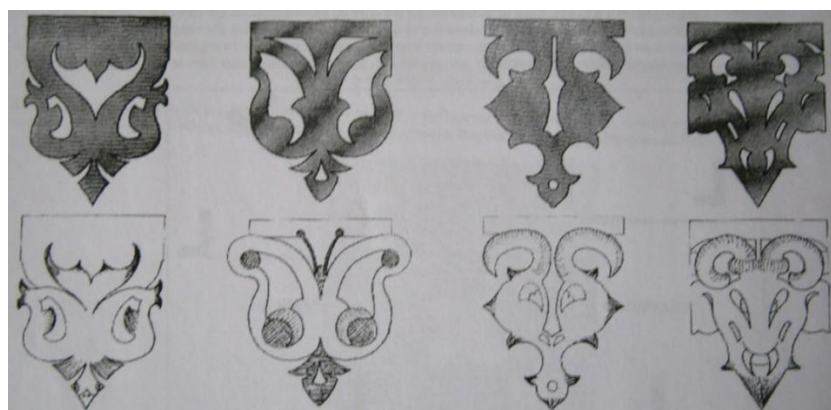


Figure 2 : Quelques exemples parmi les 20 motifs traditionnels de lambrequins en bois à La Réunion, l'oiseau, le papillon, la chèvre, le diable, Source : Dessins de Jean-Paul Egon, architecte



Figure 3 : Exemples de cases créoles avec ornements de type losange, Source : Livre « Cases Cachées, les maisons de la Réunion », Photographie de VAISSE Christian

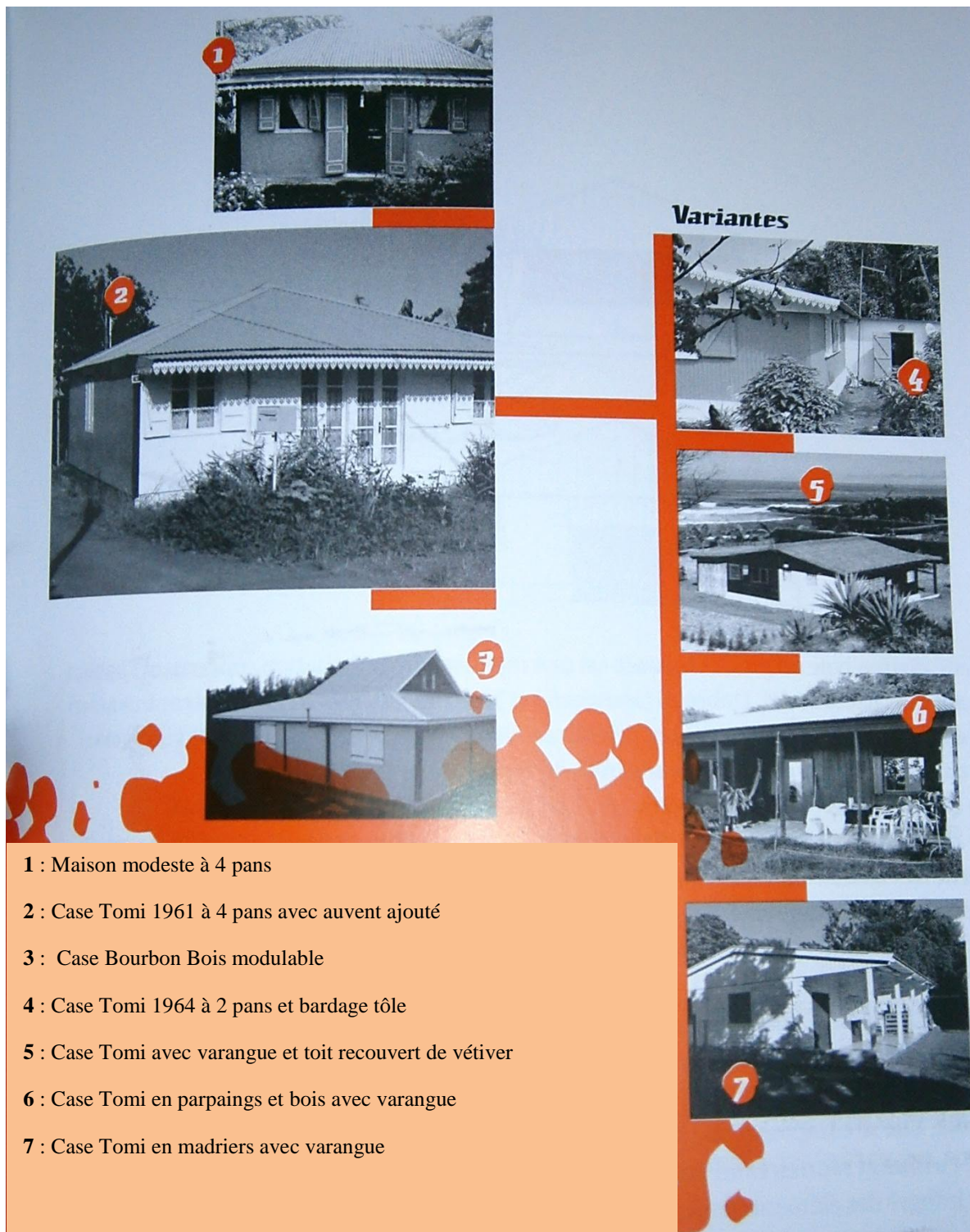


Figure 4 : Différents types de « Case Tomi », Source : Livre « 350 ans d'architecture de la Réunion », réalisé par le CAUE

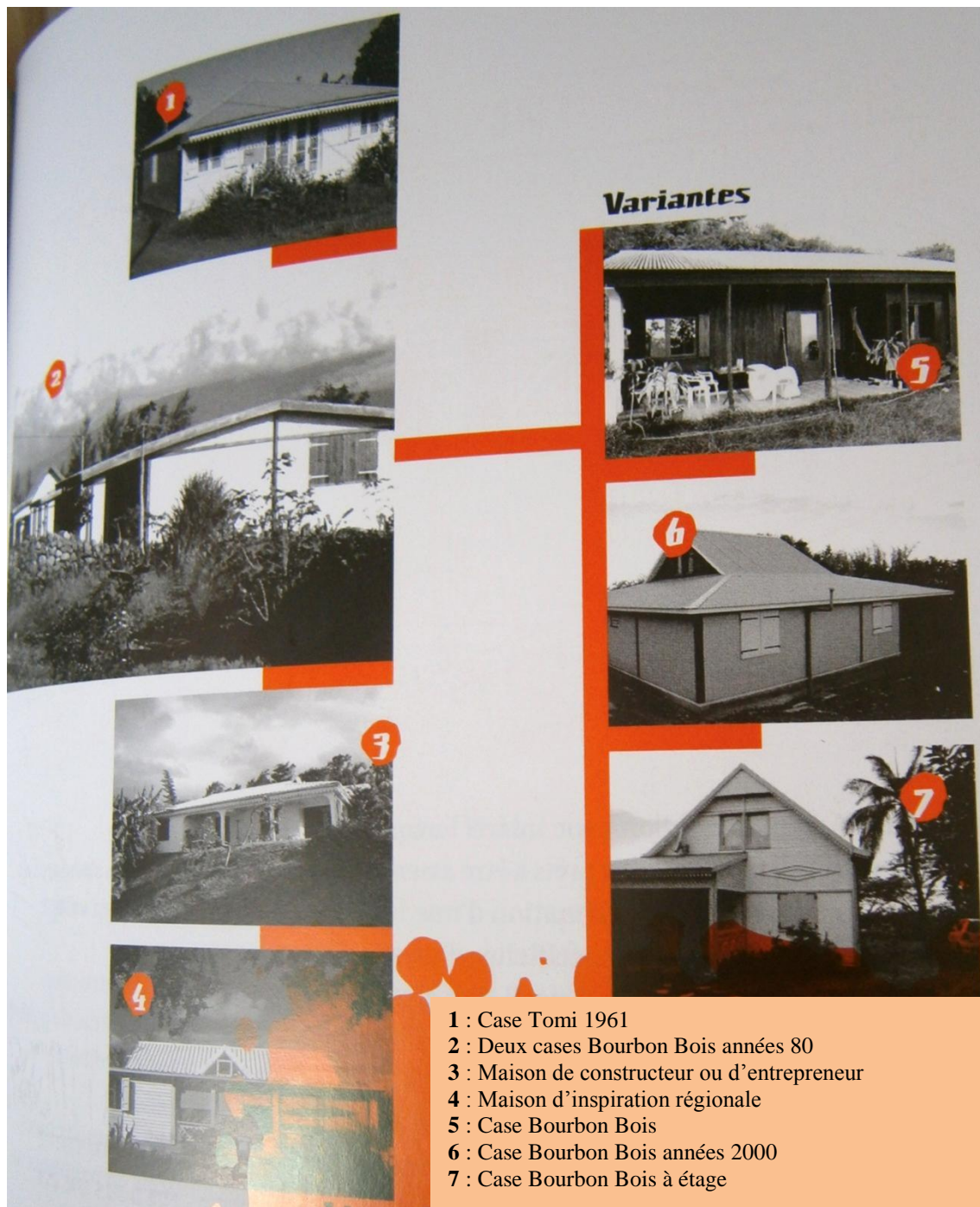


Figure 5 : « Cases Bourbon Bois », Source : Livre « 350 ans d'architecture de la Réunion », réalisé par le CAUE

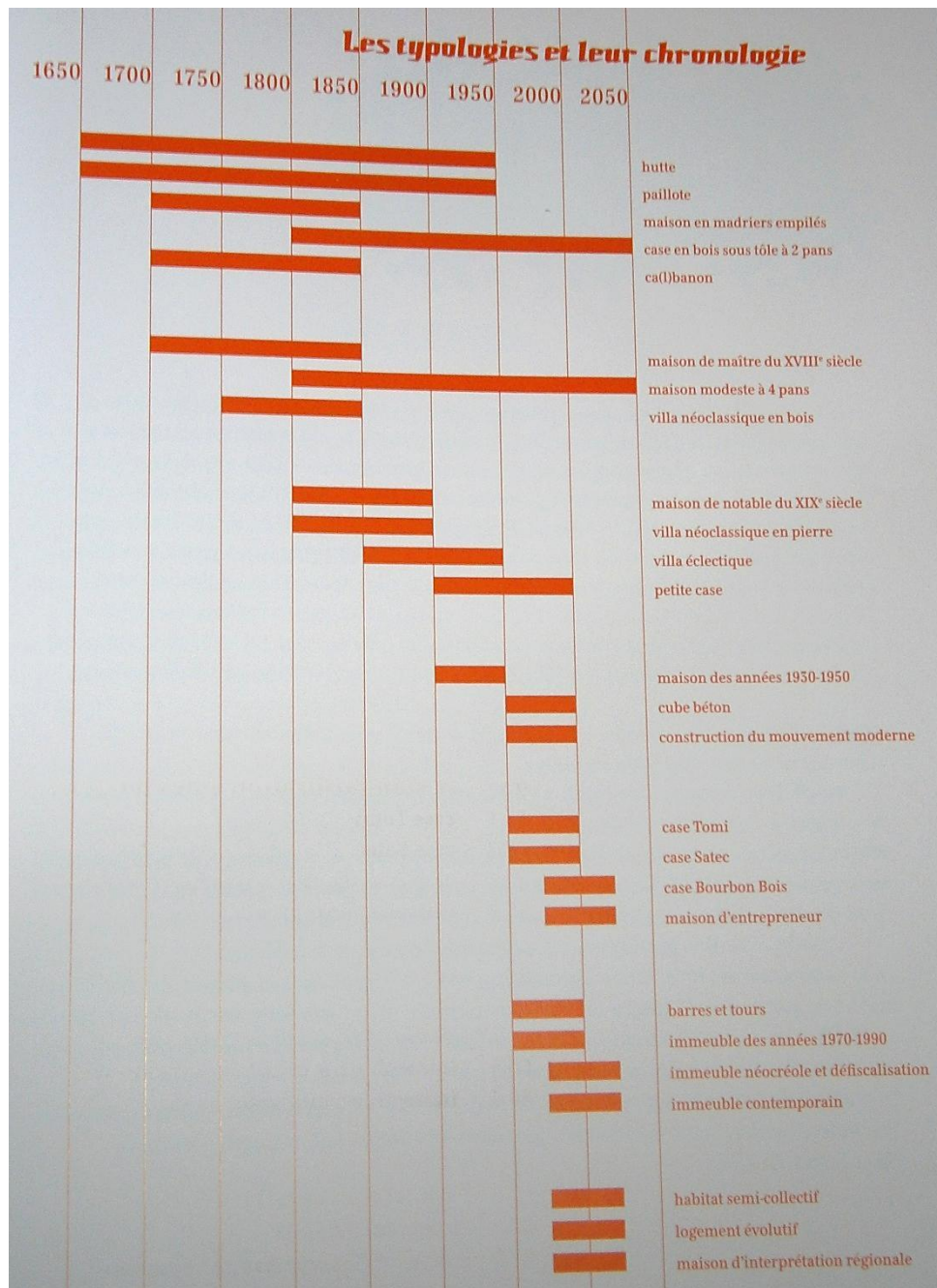


Figure 6 : Les différents types d'architecture créole, Source : Livre « 350 ans d'architecture de la Réunion », réalisé par le CAUE

Annexe II : Grille tarifaire des essences de bois réunionnaises

Tableau 1 : Grille tarifaire du Cryptomeria et du Tamarin des Hauts, selon le type de sciages voulus, Source :
La scierie Sciages de Bourbon

SCIAGES DE BOURBON – GRILLE TARIFAIRE 2013																			
81, rue des Cryptomerias - 97470 SAINT-BENOIT Ouverture scierie/bureau : 8h-12 et de 13h-16h du lundi au vendredi.												Tel : 02 62 20 08 03 / Fax : 02 62 51 58 71 E-mail : scierie@sdb.re							
CRYPTOMERIA																			
BOIS BRUTS DE SCIAGE																			
Section (mm)	Longueur (mm)	Appellation commerciale													Prix TTC en € - Bois vert			Remise « pro »	Nombre de pièces/coûts
		Voilage	Litrain	Tasseau	Frisse	Planche	Lambourde	Salive	Panne	Bastais	Chevron	Madrier	Carrelet	Poutre	Choix 0	Choix 1	Choix 2		
18x175	4000	*														5,54€/unité		15%	144
18x225	4000	*														7,61€/unité	5,99€/unité	15%	120
25x25	1200		*													0,39€/unité		15%	2500
25x75	4000			*											3,30€/unité	2,15€/unité	15%	280	
25x100	4000			*												2,90€/unité		15%	200
25x125	3000			*											3,19€/unité	2,72€/unité	15%	180	
25x125	4000			*											5,50€/unité	4,25€/unité	15%	180	
25x125	5000			*											6,25€/unité		15%	180	
25x150	4000			*											5,55€/unité		15%	140	
25x175	4000			*											6,99€/unité		15%	120	
25x175	5000			*											9,98€/unité		15%	120	
25x225	4000			*										12,15€/unité	9,98€/unité	7,65€/unité	15%	100	
25x225	5000			*											13,98€/unité		15%	100	
25x225	6000			*											17,89€/unité		15%	100	
38x40	4000			*												2,07€/unité		15%	280
38x100	4000			*												4,41€/unité		15%	140
38x150	4000			*											8,44€/unité		15%	98	
38x150	5000			*											12,26€/unité		15%	98	
38x225	4000			*											14,98€/unité	11,63€/unité	15%	70	
38x225	5000			*											21,38€/unité		15%	70	
38x225	6000			*											27,19€/unité		15%	70	
50x100	4000			*											7,40€/unité		15%	100	
50x150	4000			*											11,99€/unité		15%	70	
50x175	4000			*											15,40€/unité		15%	60	
50x175	5000			*											21,88€/unité		15%	60	
75x75	3000			*												5,74€/unité		15%	98
75x75	4000			*												7,65€/unité		15%	98
75x75	5000			*												11,25€/unité		15%	98
75x100	4000			*											11,10€/unité		15%	70	
75x100	5000			*											15,13€/unité		15%	70	
75x150	4000			*											19,80€/unité		15%	49	
75x150	5000			*											28,13€/unité		15%	49	
75x175	4000			*											24,68€/unité		15%	42	
75x175	5000			*											34,78€/unité		15%	42	
75x175	6000			*											44,10€/unité		15%	42	
75x225	4000			*											31,73€/unité	24,98€/unité	15%	35	
75x225	5000			*											44,72€/unité		15%	35	
75x225	6000			*											56,70€/unité		15%	35	
100x100	4000			*											15,98€/unité		15%	50	
100x100	5000			*											22,98€/unité		15%	50	
125x125	4000			*											27,50€/unité		15%	36	
125x125	5000			*											39,06€/unité		15%	36	
150x150	4000			*											42,30€/unité		15%	21	
150x150	5000			*											59,63€/unité		15%	21	
150x150	6000			*											75,60€/unité		15%	21	
225x225	4000			*											99,93€/unité		15%	10	
225x225	5000			*											141,75€/unité		15%	10	
225x225	6000			*											179,21€/unité		15%	10	

* Standard
* Sur demande
-----> Débit/ess - Sur devis

BOIS RABOTES

Epaisseur (mm)	Longueur (mm)	Appellation commerciale								Prix TTC en €	
		Tasseau	Frise	Planche	Lambourde	Solive	Panne	Bastaing	Madrier	Choix 0	Choix 1
21x65	4000	*									5,98€/unité
21x110	4000		*							8,36€/unité	6,66€/unité
21x210	4000			*						19,99€/unité	16,72€/unité
21x210	5000			*							22,99€/unité
33x90	4000				*						9,44€/unité
33x135	4000					*					14,77€/unité
33x210	4000					*					26,27€/unité
33x210	5000					*					36,14€/unité
45x90	4000						*				12,88€/unité
45x160	4000							*			26,87€/unité
45x160	5000								*		36,96€/unité
70x90	4000							*			19,99€/unité
70x160	4000								*		42,45€/unité
70x160	5000								*		58,40€/unité
70x160	8000								*		69,99€/unité
70x210	4000								*		55,72€/unité
70x210	5000								*		76,65€/unité
70x210	8000								*		91,98€/unité

* Sur demande

BOIS USINES

Section (mm)	Longueur (mm)	Appellation commerciale											Prix TTC en €			
		Plinthe	Corniche	Lambris	Lambris supérieur	Bardage supérieur	Plancher	Caillebotis Lisse/strié	Plancher supérieur	Plancher/plafond	Corniche d'angle	Baguette d'angle	Choix 0	Choix 1	Choix 2 *Suivant stock	
21x65	4000	*												18,36€/unité	10,88€/unité	
21x65	4000		*											18,36€/unité	10,88€/unité	
21x100	2500			*					*					4,16€/unité	2,34€/unité	2,34€/unité
21x100	3000			*					*					4,98€/unité	2,80€/unité	
21x100	4000			*					*					8,38€/unité	4,98€/unité	3,74€/unité
21x150	4000				*	*								12,64€/unité	7,50€/unité	
21x150	5000				*	*								17,25€/unité		
33x125	4000								*					14,77€/unité		
33x135	4000								*					16,86€/unité		
33x200	4000								*	*				28,27€/unité		
33x200	5000								*	*				38,14€/unité		
35x35	4000										*			14,88€/unité		
65x65	4000											*		18,61€/unité		

* Sur demande

TAMARIN

BOIS BRUTS DE SCIAGE

Dimensions standards Choix – Section en mm	Longueur en mm	Prix TTC en € - Bois vert	
		Volume < 1m ³	Volume > 1m ³
Plot – Choix 1 – 19 x 150 à 400	1200 – 1500 – 1800 – 2200	1 495€/m ³	798€/m ³
Plot – Choix 1 – 27 x 150 à 400			
Plot – Choix 1 – 41 x 150 à 400			
Plot – Choix 1 – 50 x 150 à 400			
Plot – Choix 2		351€/stère	

-----> Débit/liste – Sur devis

BOIS USINES

Epaisseur (mm)	Longueur (mm)	Prix TTC en €	
		Appellation commerciale – Choix 1	
		Parquet	Plinthe
23x100	600	4,74€/unité	
23x100	1200	9,48€/unité	
21x65	2000		16,35€/unité

Annexe III : Matériaux novateurs

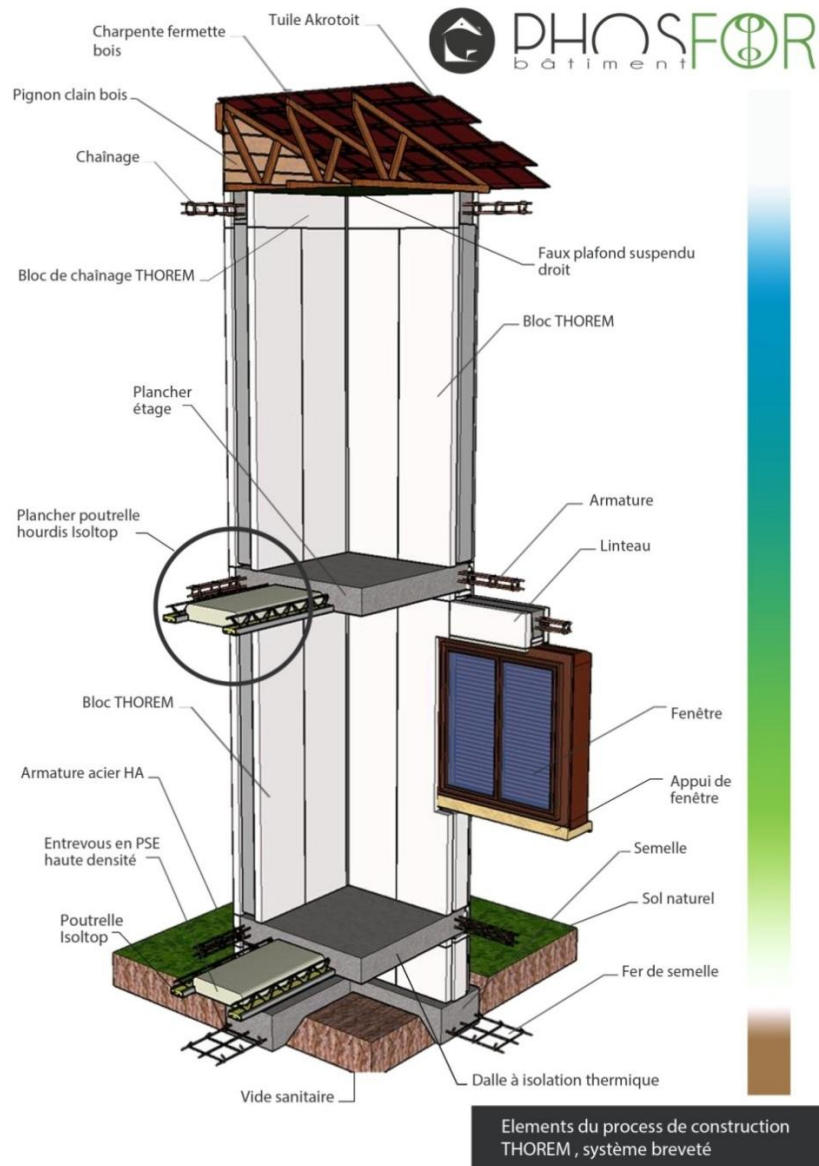


Figure 1 : Coupe de l'ensemble de la construction THOREM, Source : www.phosfor.co



Figure 2 : Les différents modules composants les blocs Néopor, Source : Dépliant sur le site, www.blokice.com

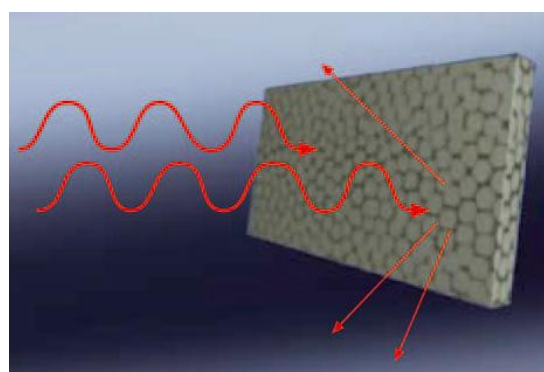


Figure 3 : Fonctionnement du procédé d'isolation grâce aux micro-réfecteurs en graphite, Source : www.blokice.com

Annexe IV : Le savoir-faire réunionnais



Figure 1 : A gauche : un pilier en pierre de basalte taillé. A droite : un mur en moellon, Source : www.cndp.fr/crdp-reunion/sites/default/files/dossiers.../crdp-prec1.pdf






Figure 2 : Les outils traditionnels utilisés par le tailleur de pierre, Source : www.cndp.fr/crdp-reunion/sites/default/files/dossiers.../crdp-prec1.pdf

Tableau 1 : Les outils traditionnels utilisés par le charpentier, Source : www.cndp.fr/crdp-reunion/sites/default/files/dossiers.../crdp-prec1.pdf

Outils de frappe	Outils de découpe	Outils pour le façonnage	Outils pour les finitions
Marteau	Scie à araser	Grande et petite Hache	Rabot
Maillet	Scie à chantourner	Herminette	Varlope
Masse	Egoïne	Plane	Guillaume
		Ciseaux à bois	Bouvet
			Doucine



Figure 3 : Le travail du ferblantier, Source : www.cndp.fr/crdp-reunion/sites/default/files/dossiers.../crdp-prec1.pdf

BATIMENT		
Maçonnerie, travaux de couverture et de charpente, gros oeuvre, construction de maisons individuelles		
ENTREPRISE LEGROS M. Thierry LEGROS 8, rue des Dalhias 97470 SAINT-BENOIT Tél. : 0262 50.61.88 – Fax : 0262 50.61.26 entreprise-legros@wanadoo.fr		B.A.B M. Michel BARAN 434, rue Andropolis 97440 SAINT-ANDRE Tél. : 0262 47.60.48 – Fax : 0262 47.59.17 entreprisebab@sfr.fr
ARTISAN BATISSEUR TOUS SERVICES M. Yves APAYA 130, ruelle Janiky - Chemin Lagourgue 97440 SAINT-ANDRE Tél. : 0262 56.19.84 – Fax : 0262 52.30.63 sarl.abts@orange.fr		ENTREPRISE SIOU M. Fabien Horace SIOU 685, Avenue de Bourbon 97440 SAINT-ANDRE Tél. : 0262 46.00.21 – Fax : 0262 58.85.41 entreprisesiou@wanadoo.fr
LES MAISONS BLEUES MM. J. Yves FELIX & Elois BAZIN 30, rue Montaigne – ZA Trois Mares 97430 LE TAMPON Tél. : 0262 27.82.21 – Fax : 0262 71.26.49 felbaz@wanadoo.fr		GUICHARD BATIMENT M. J. René GUICHARD 5 bis Chemin Paul Legros 97432 RAVINE DES CABRIS Tél. : 0262 35.13.37 – Fax : 0262 35.10.48 guichard.jr@wanadoo.fr
SMM M. Jean MAUVE 768 bis rue Rocade Sud Mille Roches 97440 SAINT-ANDRE Tél. : 0262 52.37.91 – Fax : 0262 52.17.34 smm9@wanadoo.fr		SARL ALU EST M. Arsène VIRAMAN 4, rue du Commerce ZA Quartier Français 97441 SAINTE-SUZANNE Tél. : 0262 46.24.48 – Fax : 0262 46.49.32
TOITURES SERVICES RÉUNION M. Fabian MOULART PAE de la Mare – Ilôt 9 – Atelier 65 97438 SAINTE-MARIE Tél. : 0262 20.13.35 – Fax : 0262 31.70.53 toitsrun@orange.fr		CASES CREOLES CONSTRUCTION M. Jean-Claude COINDIN 1140 rue de Cambuston 97440 SAINT-ANDRE Tél. : 0262 46.15.11 – Fax : 0262 58.36.98 3c@casescreoles.com - www.casescreoles.com
		MOUTIEN CONSTRUCTION M. Jismy MOUTIEN 675, ruelle Virapatrin 97440 SAINT-ANDRE Tél. : 0262 46.40.13 – Fax : 0262 58.28.26 moutienconstruction@orange.fr
		SPJ CONSTRUCTION M. John SAMOURGOMPOULLE 31, rue Eudoxie Nonge Local 29 E 97490 SAINTE-CLOTILDE Tél. : 0262 29.30.04 – Fax : 0262 29.30.04 spj-constructions@orange.fr
		EGB MAILLOT M. Henri MAILLOT 16, rue Henri Lapiere 97419 LA POSSESSION Tél. : 0262 22.27.30 – Fax : 0262 22.30.52 egbmaillot@wanadoo.fr
		SMOI M. Gilbert VELETCHY 23, Chemin Bois de Nêfles 97427 ETANG SALE Tél. : 0262 34.08.77 – Fax : 0262 33.72.95 smoi@smoi.fr
		M'DOYE GROS OEUVRE M. J. Eric M'DOIHOMA 2 Ter impasse Henri Madoré ZI des Sables 97427 ETANG SALE Tél. : 0262 59.36.90 – Fax : 0262 59.36.91 mduoye.go@gmail.com

Travaux publics	Adduction d'eau	Irrigation
ENTREPRISE CAROUPAYE M. Jean-Bernard CAROUPAYE 724 rue du Butor RDM Les Hauts 97440 SAINT-ANDRE Tél. : 0262 46.98.67 - Fax : 0262 46.84.90 entreprisecaroupaye.tp@orange.fr	EPE REUNION M. J. Bernard DUGAIN 85, rue Stade de l'Est Commune Primat – BP 2053 97491 SAINTE-CLOTILDE CEDEX Tél. : 0262 73.19.19 – Fax : 0262 73.19.20 epe.reunion@wanadoo.fr	REUNION IRRIGATION M. Jean-Pascal TERRAL 103 Ancienne RN1 Pierrefonds 97410 SAINT-PIERRE Tél. : 0262 35.19.00 – Fax : 0262 35.05.35 reunion.irrigation@wanadoo.fr

Entretien des espaces verts

EVE M. Jacques MOUTTE 70, Chemin Piton Défaud La Plaine Chabrier 97460 SAINT-PAUL Tél. : 0262 45.93.93 – Fax : 0262 45.93.94 eve@wanadoo.fr 	LA MARE ESPACES VERTS M. Georges MAISONNEUVE 4, impasse du Soleil ZAE de la Mare – BP 17 97438 SAINTE-MARIE Tél. : 0262 53.50.25 – Fax : 0262 53.81.96 lmev@wanadoo.fr	ELAG'ALI M. Jean-Louis BEDIER 27, Chemin des Lataniers 97419 LA POSSESSION Tél. : 0262 22.19.22 – Fax : 0262 44.48.24 elag-a-li@wanadoo.fr 
SAPEF M. Patrice FAGES Chemin de la Vanille - Grand Fond 97434 SAINT-GILLES LES BAINS Tél. : 0262 24.42.32 – Fax : 0262 24.08.14 l.daniel@groupefages.com	AMÉNAGEMENT PAYSAGER OCÉAN INDIEN M. Joël MELCHIOR 28 bis rue Mahatma Gandhi 97419 LA POSSESSION Tél. : 0262 71.20.48 – Fax : 0262 71.20.49 apoi@wanadoo.fr	

Découpage, emboutissage, gouttières

LES GOUITTIERES DE L'EST M. Arsène VIRAMAN 4, rue des Commerces Quartier Français 97441 SAINTE-SUZANNE Tél. : 0262 46.24.48 – Fax : 0262 46.49.32 gouttieres-est-reunion@wanadoo.fr

Étanchéité

RVD M. Eric RANELY VERGÉ—DÉPRÉ 2 B, rue Leconte delisle 97419 LA POSSESSION Tél. : 0262 43.93.74 – Fax : 0262 92.50.88 eurl-rvd@orange.fr
--

Fabrication de menuiseries et fermetures métalliques, Métallerie

SCMS M. Théodore ARISTANGELE 43, rue Hoareau Martin 97420 LE PORT Tél. : 0262 42.15.42 – Fax : 0262 42.31.99 joel.aristangele@orange.fr
--

Plomberie, Installation sanitaire, Climatisation

P.E.B M. Dominique VACARME 11 Cité Artisanale 97412 BRAS PANON Tél. : 0262 46.48.60 – Fax : 0262 58.50.82 dominique.vacarme@wanadoo.fr	EPSR M. Jules RIVIERE 15, Chemin Stéphane Trois Mares 97430 LE TAMPON Tél. : 0262 27.46.91	EFS – ELECTRO FROID SANITAIRE M. Alain BEGUE 45, rue Ruisseau des Noirs 97400 SAINT-DENIS Tél. : 0262 20.29.92 – Fax : 0262 20.46.64 electrofroidsanitaire@wanadoo.fr
---	---	--

Installation électrique



E.G.C.E M. José CHU KOYE HO 76, rue Lory les Hauts 97490 SAINTE-CLOTILDE Tél. : 0262 98.09.90 – Fax : 0262 97.12.38 egce@egce.fr	ENTREPRISE RAYEROUX M. Henri RAYEROUX 5, rue des cateaux - ZA Plateau Caillou 97460 SAINT-PAUL Tél. : 0262 55.31.31 – Fax : 0262 55.78.87 rayeroux@wandoo.fr
---	---

Installation d'alarme, automatisme

ALARME PRO REUNION M. Frédéric SINDRAYE 224 Bis rue Louis Hoareau - Bagatelle 97441 STE-SUZANNE Tél./Fax : 0262 48.56.18 frederic.sindraye@wanadoo.fr	TECHNOLOGIES-SERVICES M. Hugues VILLENEUIL 109 bis Chemin des Fougères 97490 SAINTE-CLOTILDE Tél. : 0262 20.08.94 - Fax : 0262 52.76.08 contact@techservices.re
--	--

Installation téléphone, câblage

REEL M. Alain CHARRIER 6 rue d'Hanoi - ZAC Balthazar 97419 LA POSSESSION Tél. : 0262 22.05.22 – Fax : 0262 22.16.09 reelelec@reel.re 	SECAB M. Stéphane BOIVEAU ZAE la Mare 2 – Lot n°2 Allée des Cocos Robert 97438 SAINTE-MARIE Tél. : 0262 21.94.46 – Fax : 0262 21.47.81 
---	---

Peinture, Revêtement		
SAM PEINTURE M. Danish SAMINADIN 61, Allée Coupaye 97440 SAINT-ANDRE Tél. : 0262 58.63.49 - Fax : 0262 41.88.84 danis.saminadin@orange.fr	PEINTURE PLUS M. Jean-Marc ESPEL 36, rue des Caramboles 97490 SAINTE-CLOTILDE Tél. : 0262 29.41.71 - Fax : 0262 28.67.62 peintureplus@wanadoo.fr	PIGMENTS CRÉOLES M. Jean-Jacques ROUSSEAU 93, allée des Bois Noirs Bois d'Olives 97432 RAVINE DES CABRIS Tél. : 0262 55.90.18 - Fax : 0262 22.28.41
TRAVAUX SERVICES REUNION M. Yvonnec PADER 16, rue des Caféiers 97438 SAINTE-MARIE Tél. : 0692 86.01.54 - Fax : 0262 53.07.92 pader.yvonnec@wanadoo.fr		
Plaquiste, isolation		
CIB - CLOISONS & ISOLATIONS DE BOURBON M. Jean François AJORQUE 8, rue des Lilas - ZA 97412 BRAS PANON Tél. : 0262 50.03.17 - Fax : 0262 50.74.90 JFA.CIB@wanadoo.fr	M'DOYE & CO M. M'DOIHOMA J. Eric 35, Chemin Pellier 97430 LE TAMPON Tél. : 0262 59.36.90 - Fax : 0262 59.36.91 mdoye2006@yahoo.fr	RUN PLAQUISTE M. Jean-Denis ROUSSEAU 12 B, Route de la Ravine Sèche 97425 LES AVIRONS Tél. : 0262 44.51.81 - Fax : 0262 44.51.81 run-plaquiste@hotmail.fr
Fabrication/pose d'enseignes lumineuses		Ferronnerie - Fermeture métallique
REUNI PUB SARL M. Jean-André RAMSAMY 3, Chemin des violettes - ZI Bras Fusil 97470 SAINT-BENOIT Tél. : 0262 50.04.04 - Fax : 0262 50.49.27 contact@reunipub.re www.reunipub.re	 SARL RAMAYA M. Jules RAMAYA 13 Rue Youri Gargarine - Basse Terre 97410 SAINT-PIERRE Tél. : 0262 25.02.01 - Fax : 0262 57.53.38 ramaya.entreprise@orange.fr	MOREL FERMETURE Mme Myriam MOREL 115 Allée de Montaignac - BP 3 97427 ETANG SALE LES HAUTS Tél. : 0262 26.30.32 - Fax : 0262 26.30.87 smf@morel-fermetures.re
Distribution de fluides médicaux		
PRO 2 AIR M. Antoine MAILLARD 2, rue Stevenson - ZI n°1 97420 LE PORT Tél. : 0262 43.35.86 - Fax : 0262 43.37.73 bet.fluide@pro2air.com		

BOIS



Ebénisterie, Ameublement, Agencement		
EBSNERIE VENCATACHELLUM M. Stéphane VENCATACHELLUM 85, rue des Métiers 97440 SAINT-ANDRE Tél. : 0262 46.25.42 - Fax : 0262 46.85.42 ebenisterie@vencatachellum.re	 SARL PIERRE & BOIS M. Philippe NAZE Atelier 22 - Ilôt 3 PAE de la Mare 97438 SAINTE-MARIE Tél. : 0262 72.07.00 - Fax : 0262 72.04.47 pierreetbois@wanadoo.fr	LE P'TI MENUISIER M. William TECHER 54, rue Bellecombe 97427 ETANG SALE Tél. : 0692 07.41.79 - Fax : 0262 91.36.80 lepti-menuisier@orange.fr
Fabrication de menuiseries bois		
STAB SARL M. Jean-Claude COINDIN 1140 rue de Cambuston 9744 SAINT-ANDRE Tél./Fax : 0262 31.46.35 3c@casescreoles.com		
TRAITEMENT ANTI-TERMITES		
STOP INSECTES M. Fabrice BOULET 13, rue du Général de Gaulle - BP 142 97434 SAINT-GILLES LES BAINS Tél. : 0262 24.54.95 - Fax : 0262 24.26.52 reunion@stopinsectes.com		

Figure 4 : Quelques artisans qualité, Source : <http://www.artisanat974.re/>



Figure 5 : Volcaroc à la Plaine des Cafres, Source : Association APPER



Paillote en vétiver



Auberge les Salangagnes à Lianes, Bel Air

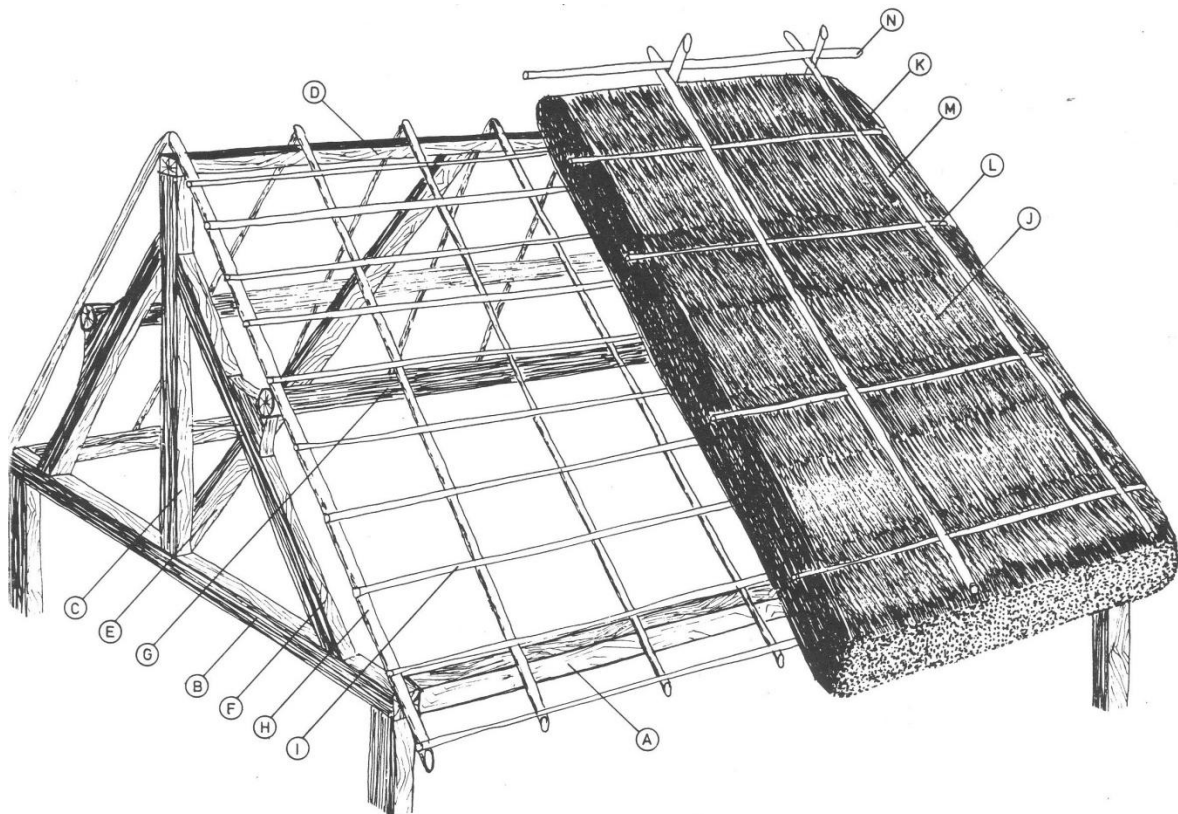


Case créole datant de 1956



Villade Dodin, à La Possession, datant de 1972

Figure 6 : Evolution de la technique de pose des couvertures en vétiver, Source : google image et l'association APPER



- A Longue pièce de bois horizontale de 8 mètres de long environ sur laquelle repose la charpente du toit, sablière : *grann sablièr, bar-d kès* (Mafate), *antableman* (Ravine des Cabris).
- B Petite pièce de bois horizontale qui joint les arbalétriers, entrait : *ptit sablièr* ou *sablièr-d retour, bar-d travers* (Mafate), *antableman* (Ravine des Cabris).
- C Pièce de bois verticale qui repose sur le milieu de l'entrait et reçoit les arbalétriers, poinçon : *poinson, éguiy*.
- D Pièce de bois horizontale qui forme l'arête du toit et sur laquelle s'appuie les chevrons faitage : *fé* ou *fétaz, tèk-tèk* (Grand-Bassin).
- E Petite pièce de bois angulaire qui s'appuie sur le poinçon et soutient le faitage : *potans*.
- F Pièce de bois inclinée de la ferme, assemblée au sommet du poinçon et à l'extrémité de l'entrait, arbalétrier : *bra* ou *fèrm* ou *bar-d fèrm*.
- G Pièce de bois horizontale qui repose sur les arbalétriers : *filièr* ou *félir*.
- H Pièce de bois située au-dessus de la filière : *sévron*.
- I Gaule de calumet fixée aux chevrons : *golèt*.
- J Bottes de paille que l'on coud (*i koud, i mandar*) sur les *golèt*: *bot pay*
- K Bottes de paille à cheval qui ferment l'arête faitière unissant les deux versants : *fétir* ou *sapotine*.
- L Gaule de calumet au-dessus de la paille : *golèt*.
- M Barre de bois au-dessus des *golèt* : *sévron, sévron seval* (La Montagne).
- N Pièce de bois parallèle au faitage et maintenant la *fétir* : *golèt seval, golèt tèk-tèk* (La Chaloupe, Cœur-Saignant).

Figure 7: Composition d'une charpente traditionnelle en bois avec une couverture en vétiver, Source : Document de Monsieur BARAT Christophe « Les paillotes de l'île de La Réunion »

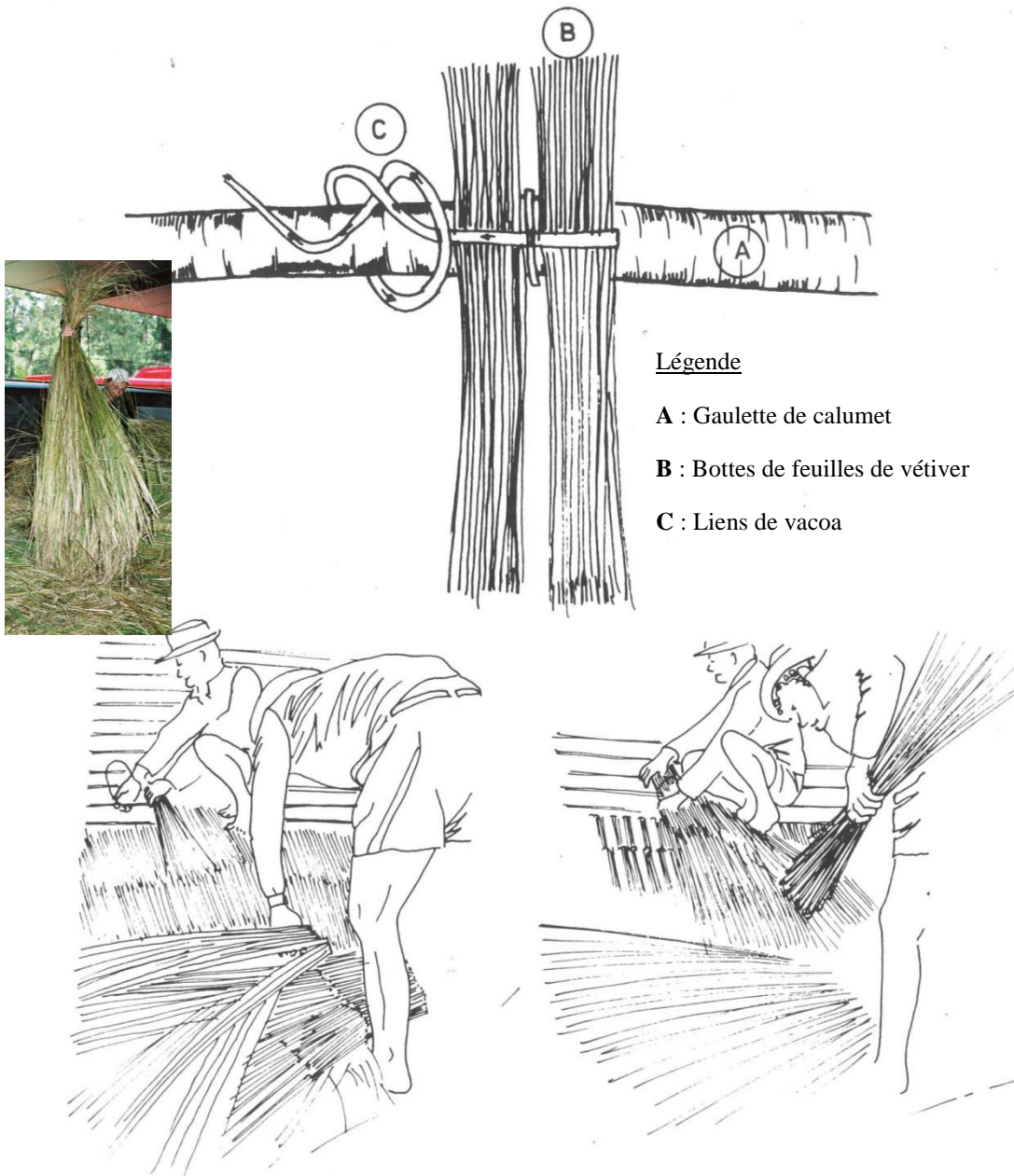


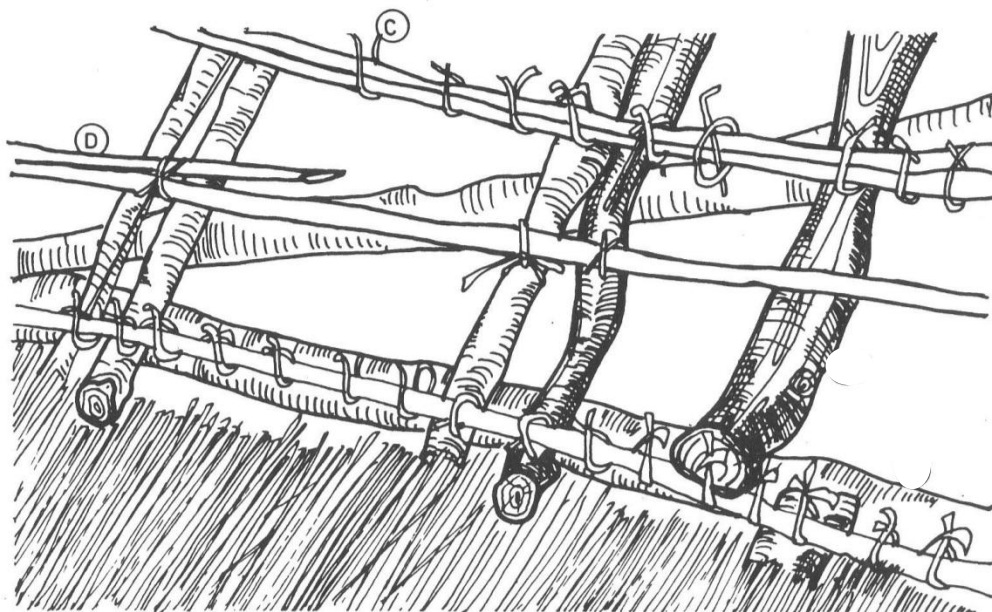
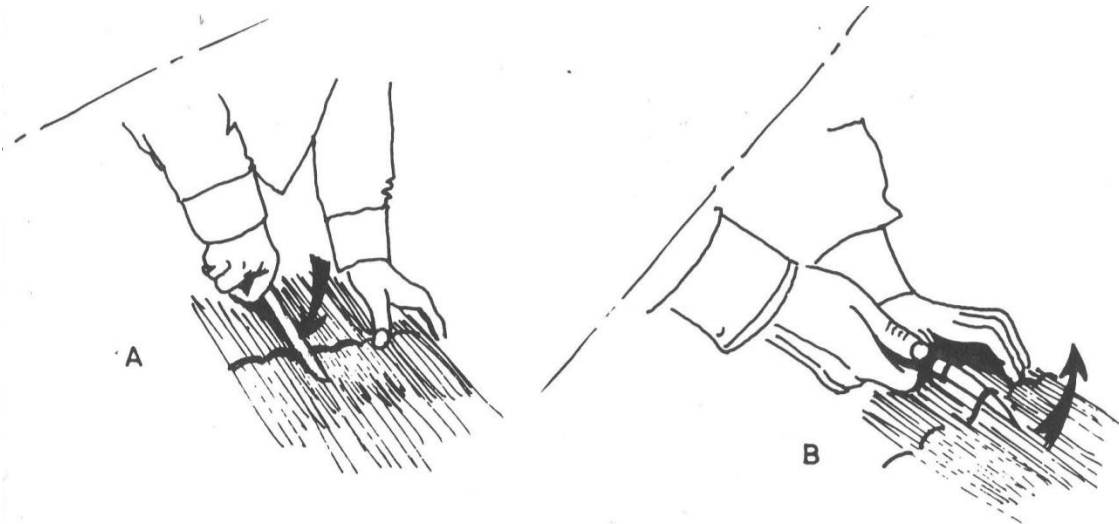
Figure 8 : Schéma montrant comment attacher les bottes de feuilles de vétiver ou autre, Source : Document de Monsieur BARAT Christophe « Les paillotes de l'île de La Réunion »



Figure 9 : Savoir-faire toiture en vétiver, Monsieur Amano Joseph, détenteur de savoir, aux Lianes à Saint Joseph, Source : Association APPER



Figure 10 : Parasol en chaume de vétiver proposé par Didier Hoareau, aux Lianes Saint-Joseph, Source : Association APPER



- A : Couper le lien vers le bas, à l'aide d'un canif
- B : Couper le lien vers le haut, à l'aide d'un canif
- C : Lien de vacoa
- D : Gaulette

Figure 11 : Schéma montrant comment détacher les bottes de vétiver, pour la rénovation de la toiture, Source : Document de Monsieur BARAT Christophe « Les paillotes de l'île de La Réunion »



Plusieurs vues de la Maison Desbassayns, ancien hôpital des esclaves, Musée de Villèle, Rénové en bardeaux de la toiture jusqu'aux façades



Plusieurs vues de l'église rénové de Saint-Joseph, aux Lianes



Façade en bardeau d'une case créole

Figure 12 : Exemples de demeures en bardage de Tamarin des Hauts, Source : Bénédicte JARLET, donnée personnelle et les sites : www.zinfos974.com, et www.cndp.fr/crdp-reunion/sites/default/files/dossiers.../crdp-prec1.pdf

Armure croisée, verticalement-horizontalement et en diagonale. Deux pris, deux sautés décalés, d'un élément à chaque rang

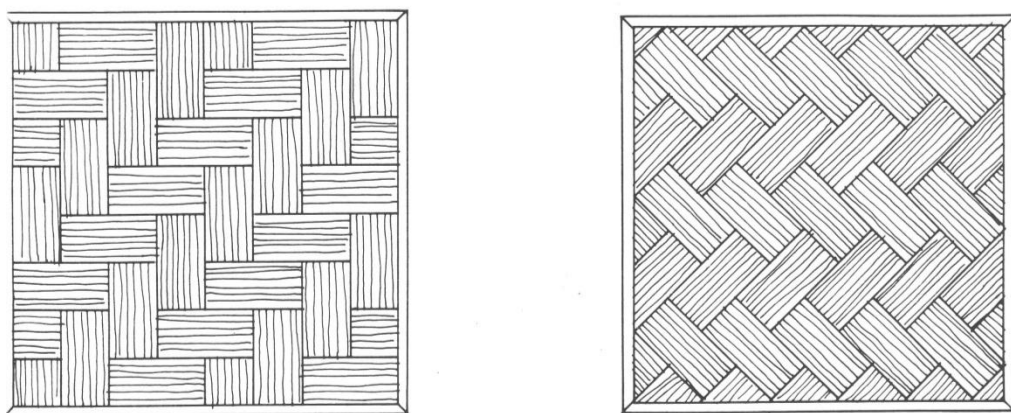


Figure 13 : Le tissage du calumet en image, Source : Document de Monsieur BARAT Christophe « Les paillotes de l'île de La Réunion »



Figure 14 : Exemple d'une clôture en pierres sèches à Salazie, Source : Bénédicte JARLET



Figure 15 : Construction d'un enclos en pierres sèches sur le site de l'association les Fangourins, Source :
Association APPER





Figure 16 : Exemples de jardins traditionnels de cases créoles à La Réunion, Source : Bénédicte JARLET et <http://fontainechris974.wordpress.com/2013/06/02/le-jardin-creole-mais-quest-ce-que-cest/>



Figure 17 : Plusieurs vues du Jardin du Domaine de Manapany de la Villa des Brises, à la Petite Ile, Source : <http://fontainechris974.wordpress.com/>

Résumé

L'architecture de La Réunion n'a cessé d'évoluer : de la simple paillote, à la case créole, jusqu'aux immeubles barres et tours. Le patrimoine architectural réunionnais tend à disparaître. En effet, l'évolution des modes d'habitation se fait au détriment de l'image et de l'identité créole. De nos jours, l'architecture moderne s'éloigne des modes de constructions anciens, tant dans ses formes que dans l'utilisation des matériaux ou des caractéristiques liées à l'adaptation des contraintes climatiques locales. La sauvegarde de ce patrimoine remarquable passe donc par sa restauration. De plus, les savoir-faire traditionnels s'atrophient et il ne reste que peu d'artisans locaux. L'association APPER³¹ veut préserver ce patrimoine, en valorisant les ressources locales. C'est pourquoi, le sujet du mémoire s'oriente sur l'utilisation des matériaux locaux, qu'ils soient traditionnels, novateurs ou dits écologiques. La récente normalisation du *Cryptomeria Japonica* permet de donner un nouveau souffle à la filière bois locale et peut même redynamiser l'économie réunionnaise. En effet, c'est désormais la principale ressource en bois utilisable dans la construction. L'écologie est également au cœur de toutes les attentions. En effet, les pouvoirs publics, les particuliers et les professionnels veulent utiliser des matériaux de construction moins néfastes pour l'environnement.

En somme, ce mémoire est, en quelque sorte, un guide des matériaux fabriqués localement. Celui-ci présente les ressources disponibles sur l'île, la qualité des produits locaux, leurs coûts, les freins à leurs utilisations et les réglementations encadrant la libre circulation et la commercialisation des produits de construction. Enfin, ce mémoire comprend un comparatif entre les matériaux locaux et les produits importés. Cette évaluation est réalisée afin d'orienter, d'aider les acheteurs à choisir des matériaux performants et durables, face à la multitude des offres du marché.

³¹ APPER : Association pour la Promotion du Patrimoine et de l'Ecologie à la Réunion