



Programme inter-Outre-Mer pour des Bâtiments Résilients et Économes en Énergie

Porté par



A permis de présenter le projet



Terres d'Outre-Mer Améliorées

Réalisé par



Identification et sélection des bioressources

Rapport final



Résumé du rapport

Les ambitions de TOMA reposent sur la mise en complémentarité des qualités des matériaux composant l'enveloppe des bâtiments, de la construction de cette enveloppe et de la conception architecturale des bâtiments afin d'obtenir des solutions constructives garantissant le confort des usagers en limitant la consommation d'énergie globale. Cette énergie est principalement imputable à l'usage de la climatisation mais la production des matériaux - qui sont actuellement en très grande partie importés en Guyane et à Mayotte - doit également être prise en compte. Au-delà de cet aspect, les matériaux peuvent permettre une optimisation des performances de l'enveloppe et concourir à atteindre les résultats attendus.

La première étape du programme est donc d'identifier les ressources locales mobilisables pour la confection de ces matériaux sachant que les deux territoires visés bénéficient de compétences dans la production de briques de terre compressée (BTC) et d'une végétation abondante et diversifiée susceptible de fournir des matières premières entrant dans la production de matériaux biosourcés dont on connaît les capacités hygrothermiques et leurs impacts sur le confort des bâtiments.

Les investigations menées, malgré l'impossibilité de recourir à des enquêtes de terrains à cause de la situation sanitaire prévalent lors de cette phase du projet, ont confirmé deux aspects essentiels sur les deux territoires :

- La disponibilité de ressources abondantes et diversifiées capables de répondre aux exigences techniques de la confection de matériaux de construction biosourcés ;
- Le peu de filières suffisamment structurées pour garantir une fourniture sécurisée tant qualitativement (notamment quant à l'homogénéité des matières) que quantitativement.

La possibilité de mettre en place des mesures pour faire face à ce deuxième constat est généralement dépendante de choix locaux mais aussi d'autres projets susceptibles de se mettre en place pour conforter les valorisations des filières.

A titre d'exemple – et pour préciser les décisions validées à l'issue de cette première phase du projet – le projet Cann'Innov mis en place en Guyane pour relancer la production de canne à sucre avec des valorisations en énergie et en rhumerie a appuyé notre décision de choisir la bagasse pour les expérimentations en Guyane, d'autant que le dernier producteur de rhum actif sur le territoire dispose de matière suffisante et qualitative pour un premier niveau de déploiement.

A Mayotte, en l'absence d'une solution sensiblement plus pertinente que les autres, nous avons fait le choix de travailler avec trois ressources abondantes et facilement mobilisables - y compris à petites échelles pour les besoins du programme - : les feuilles de manguiers, les fibres de coco et les feuilles de bananiers. En fonction des résultats obtenus dans la suite du programme, il conviendra d'approfondir les exigences et la faisabilité d'une collecte et de la transformation de ces trois ressources.

Globalement, ces investigations et les analyses conjointes confortent la pertinence des objectifs de TOMA quant aux ressources existantes sachant que la mise en place de nouvelles filières demande l'implication d'acteurs locaux motivés et du temps.

Sommaire

1.	INTRODUCTION / CONTEXTE	4
1.1	Rappels sur les objectifs de TOMA	4
1.2	Identification des ressources et critères de sélection	5
1.3	Difficultés rencontrées	5
2.	GUYANE	6
2.1	Sources de matières premières mobilisables en Guyane	6
2.1.1	Contexte générale - Bioéconomie	6
2.1.2	Coproduits forestiers	7
2.1.2.1	Produits connexes du Bois	7
2.1.2.2	Bambou	8
2.1.3	Coproduits agricoles	9
2.1.3.1	Hampes de bananiers	9
2.1.3.2	Balle de Riz	10
2.1.3.3	Canne à sucre : la bagasse	11
2.1.3.4	Le Wassai	12
2.1.4	Recyclage	12
2.1.4.1	Déchets textiles	12
2.2	Matrice des ressources et Synthèse - Guyane	13
2.2.1	Matrice des Ressources Guyane	14
2.2.2	Pré-Sélection Guyane	15
2.2.3	Conclusion et décisions Guyane	16
3.	MAYOTTE	17
3.1	Sources de matières premières mobilisables à Mayotte	17
3.1.1	Contexte général - Bioéconomie	17
3.1.2	Coproduits agricoles et forestiers	18
3.1.2.1	Ressources forestières (Généralités)	18
3.1.2.2	Bois et Feuille de Manguier	19
3.1.2.3	Bois de cocotier	20
3.1.2.4	Fibre de coco	21
3.1.2.5	Bananier – Hampes	22
3.1.2.1	Bananier – Feuilles	22
3.1.2.2	Bambou	23
3.1.3	Recyclage	23
3.1.3.1	Palettes	23
3.1.3.2	Déchets textiles	25
3.1.3.3	Papier, carton	26
3.1.3.4	Déchets verts	26
3.2	Synthèse et Matrice des ressources - Mayotte	27
3.2.1	Matrice des Ressources Guyane	28
3.2.2	Sélection Mayotte	29
3.2.3	Conclusion Mayotte	29

1. Introduction / Contexte

1.1 Rappels sur les objectifs de TOMA

CONTEXTES LOCAUX

Pour faire face à leurs situations socio-économiques, les deux territoires de Guyane et Mayotte, sont confrontés, d'une part, à un besoin important de logements performants, et, d'autre part, à la nécessité de créer de l'activité économique et des emplois. Ces défis se heurtent, entre autres, aux spécificités de ces territoires : faible population et croissance démographique élevée, isolement par rapport aux autres territoires nationaux, pauvreté, ...

Cette situation exige de disposer de solutions constructives économiques, sobres, durables et répliquables recourant autant que possible à des ressources et à des fabrications locales. Sur le plan de la consommation d'énergie, la climatisation représente un poste important (environ 20% pour le résidentiel en Guyane) et en très forte croissance. Mais c'est aussi, et surtout, le domaine dans lequel les potentiels d'amélioration sont les plus sensibles.

Dans les deux territoires, des productions de briques de terre compressée (BTC) sont développées en s'appuyant sur des modèles de filières spécifiques. Ces filières, uniques sur le territoire français, sont en mesure de participer activement à apporter des réponses aux défis évoqués ci-dessus – notamment sur le plan de la performance énergétique des bâtiments – sous réserve d'en assurer un déploiement significatif.

Enfin, les deux territoires disposent d'un potentiel végétal très abondant et diversifié, susceptible d'approvisionner des filières de matériaux biosourcés locaux.

OBJECTIFS GENERAUX

L'objectif global du projet TOMA est de déployer un système constructif permettant de réduire significativement (60%) l'usage de la climatisation en s'appuyant sur une solution technique qui a fait ses preuves (la BTC) et en optimisant ses performances par l'apport de matériaux locaux biosourcés.

Au-delà des réductions d'utilisation de la climatisation, le projet permet également des économies d'énergie par l'usage de matériaux à faible énergie grise et par diminution des importations – donc des consommations d'énergie liées aux transports qui sont de l'ordre de 10%.

OBJECTIFS DE L'AXE1

La première étape est donc d'identifier les bioressources locales (co-produits agricoles, déchets, sous-produits industriels, écosystèmes naturels) susceptibles d'être utilisées pour la production de matériaux de construction en complément des BTC.

Les territoires disposant d'une très grande et très riche diversité de végétaux, il ne s'agit pas ici de procéder à un recensement exhaustif des bioressources existantes, mais de cibler un panel de ressources valorisables comme matériaux de construction.

Ce travail permettra au projet TOMA une meilleure compréhension des territoires en matière de matériaux biosourcés.

1.2 Identification des ressources et critères de sélection

A partir des échanges réalisés avec les acteurs locaux nous avons présélectionné un panel de ressources pour chaque territoire. Les ressources identifiées dans ces panels ont fait l'objet d'investigations plus poussées mais malheureusement limitées pour les raisons évoquées ci-dessous (voir 1.3 Difficultés rencontrées).

Après une approche générale sur ces ressources nous avons porté une analyse selon 8 critères principaux, à savoir :

- Facilité d'accès au gisement
- Homogénéité des matières
- Volume disponible pour la construction
- Existence d'une filière / Facilité de création
- Faibles transformations nécessaires
- Usage existant en construction (local ou autre)
- Caractéristiques intéressantes comme ISOLANT
- Caractéristiques intéressantes comme GRANULATS

Chacun de ces critères a été noté sur une échelle de 1 à 5, la moyenne nous permettant une présélection affinée qui a fait l'objet d'échanges avec l'ensemble des partenaires du projet, échanges prenant en compte certains aspects rédhibitoires (par exemple l'homogénéité et la stabilité des caractéristiques) et permettant de sélectionner les ressources retenues pour la suite du programme.

1.3 Difficultés rencontrées

Cette phase du projet a coïncidé avec la période des plus fortes restrictions des possibilités de déplacements mises en place dans le cadre de la crise sanitaire. L'ensemble des travaux a donc été réalisé à distance, essentiellement dans le cadre d'échanges par téléphone ou en visio et surtout de recherches bibliographiques.

2. Guyane

2.1 Sources de matières premières mobilisables en Guyane

2.1.1 CONTEXTE GENERALE - BIOECONOMIE

DES BIORESSOURCES DIVERSES OFFRANT POTENTIELLEMENT UNE GAMME ELARGIE DE DEBOUCHES A LEURS DIFFERENTS PRODUITS¹

S'il n'existe pas, à l'image de la situation dans les autres territoires de synthèse des différentes bioressources exploitables en Guyane, de nombreuses descriptions d'ores et déjà accessibles via internet² ou des publications dédiées³ attestent de leurs grandes variété et diversité d'usages. Hors alimentation et énergie, les bioressources exploitées ou susceptibles de l'être à des fins, aromatiques, médicinales, cosmétiques, artisanales, chimiques, mais aussi décoratives, de construction sont donc nombreuses.

Ceci est bien évidemment lié à l'étendue du territoire guyanais qui ne couvre pas moins de 84 000 km² mais aussi à l'attrait que son positionnement tropical et sud-américain a exercé sur de nombreuses équipes scientifiques curieuses de décrire son exceptionnelle biodiversité. Ce sont, par exemple, 620 plantes à usage médicinal qui sont décrites dans l'ouvrage « Pharmacopées traditionnelles en Guyane » édité par l'IRD parmi lesquelles 15 sont désormais inscrites à la pharmacopée française dont 6 sont libérées. 300 000 accessions et 5 000 espèces représentant près de 80 % de la flore du plateau des Guyanes, sont conservées dans l'herbier de Guyane. Et les collections du Cirad, celles du jardin botanique de Guyane ne font que confirmer cette richesse.

Celle-ci renvoie également et naturellement au couvert forestier du territoire. Le plateau des Guyanes compterait ainsi plus de 5 500 espèces d'arbres dont 3 500 à 4 000 seraient présentes en Guyane mais seulement 1 600 seraient actuellement décrites. Les essences exploitées le sont essentiellement pour le bois d'œuvre et pour alimenter l'usine biomasse de Cacao, mais certaines d'entre elles telles le Coumarou – *Dipteryx odorata*, le Boco – *Bocoa prouacensis* – sont également valorisées en pharmacie ou dans l'artisanat d'art. Et cette forêt, ce sont aussi ses produits forestiers non ligneux dont les populations autochtones savent tirer le meilleur profit. À noter que parmi les bioressources précédemment évoquées, le bois de rose *Aniba rosaeodora* a fait l'objet d'une exploitation intense pour son huile essentielle entre 1875 et 1970 et ceci jusqu'à l'interdiction de prélèvements décidée dans le prolongement de l'inscription du bois de rose sur la liste des espèces menacées de l'UICN.

Ainsi et au même titre que Mayotte avec l'ylang-ylang et La Réunion avec le géranium, la Guyane a connu une époque d'intense exploitation de bioressources à des fins non alimentaires et non énergétiques et reste nostalgique de cette époque que certains considèrent comme « dorée ». Et pour prendre le relais, deux plantes suscitent aujourd'hui l'attention :

- **Le wassaï**, palmier du plateau des Guyanes dont les fruits très riches en anti oxydants intéressent les fabricants de compléments alimentaires, l'industrie de la cosmétique

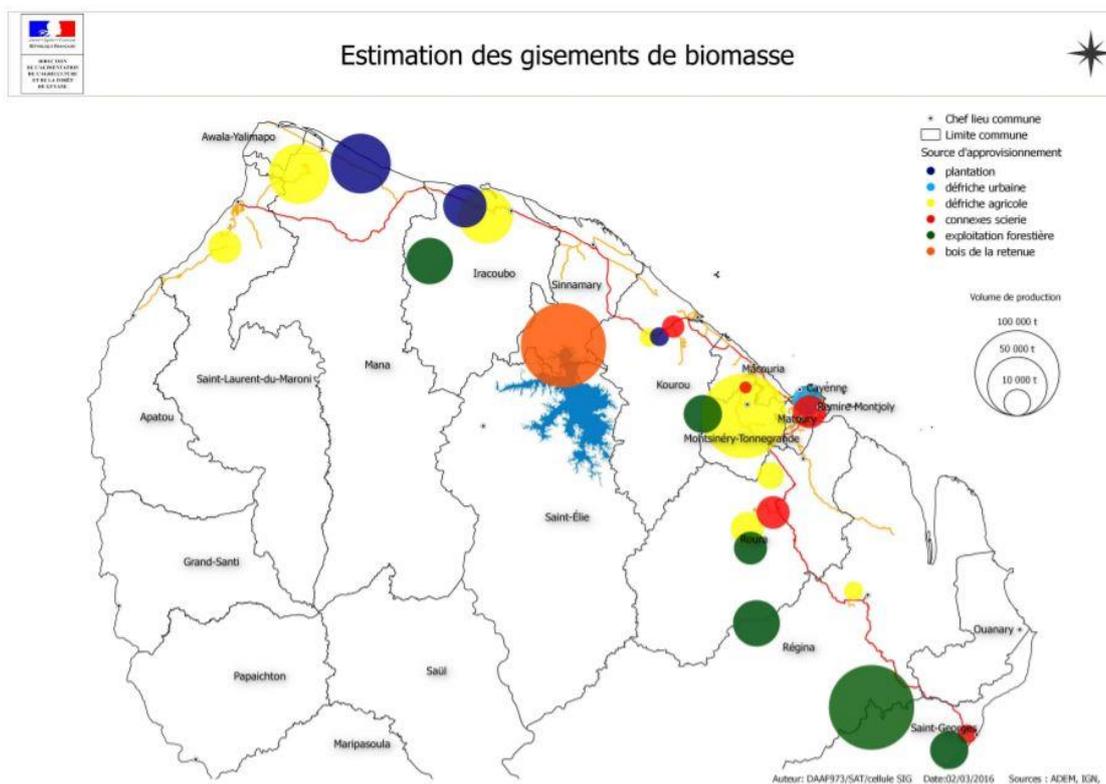
¹ Sources : *Quels leviers pour développer la bio économie des produits biosourcés en outre-mer ?* CGAAER

² Voir en particulier le site de l'herbier IRD de Guyane : <https://herbier-guyane.ird.fr>

³ Voir notamment Grenand Pierre (Dir.) ; et al. *Pharmacopées traditionnelles en Guyane* : Créloes, Waypi, Palikur. Nouvelle Edition, Marseille : IRD Editions 2004

et la parapharmacie. Un projet de développement de la production⁴ de wassaï est actuellement portée par une société guyanaise [...].

- **L'Aquilaria**⁵, arbre originaire d'Asie du Sud dont l'oléo-résine est particulièrement recherchée par l'industrie cosmétique et pharmaceutique. Il fait actuellement l'objet, en liaison avec le Cirad, d'un programme de plantations expérimentales afin d'optimiser la production de bois « contaminé » ou bois d'agar à partir duquel sont extraites les huiles essentielles.



2.1.2 COPRODUITS FORESTIERS

2.1.2.1 PRODUITS CONNEXES DU BOIS

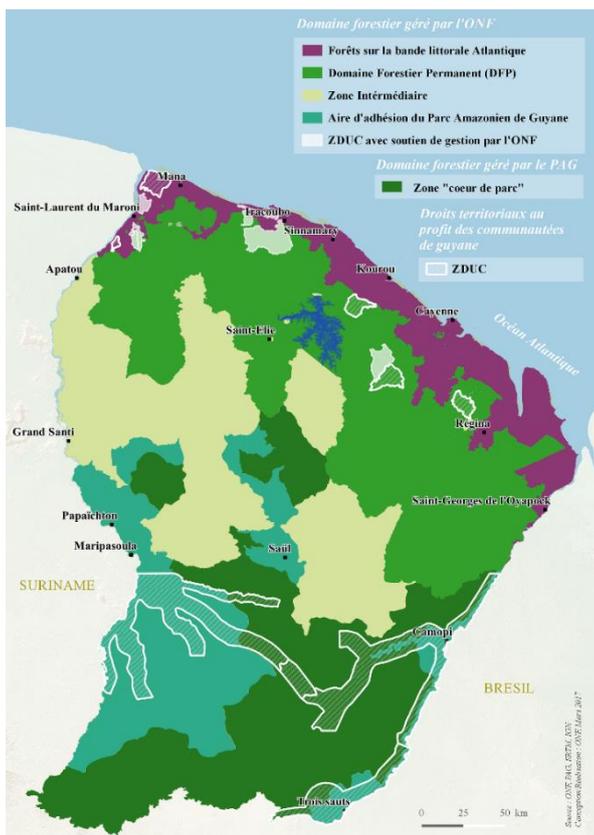
La Région de la Guyane est la plus grande ressource buissonnière de France, avec 97% de la surface composée de forêt équatoriale. Il y a au total 8 millions d'hectares de bois et cette forêt est vierge de toute exploitation pour la majorité de sa surface. Cela n'empêche pas que l'exploitation du bois se fasse de façon massive et soit en augmentation. La filière bois est la troisième filière économique de Guyane⁶ et elle est considérée comme l'une des filières les mieux structurées du département avec près de 900 personnes employées pour 80 000 m³

⁴ Le Brésil est actuellement le principal acteur sur le marché produisant environ 1 million de tonnes par an.

⁵ Le genre *Aquilaria* comporte plusieurs espèces dont *Aquilaria crassna* réputée pour sa résine odorante produite en réaction à une attaque de son bois par des champignons Ascomycètes.

⁶ Source : DAAF <https://daaf.guyane.agriculture.gouv.fr/la-filiere-foret-bois-guyanaise-a55.html>

de production. L'organisation portée par l'Office national des forêts assure la bonne gestion tant d'un point de vue industrielle qu'écologique.



Les variétés de bois exploitées sont principalement celles utilisées dans la construction, premier consommateur de la filière. L'Angélique les Gonfolos et le Grignon Franc sont les trois variétés principalement exploitées et représentent 80 % du volume total. S'appuyant sur un approvisionnement en un circuit court et sur près de 250 entreprises, cette filière est stable et bien développée.

Malgré ce dynamisme on note « l'absence de filière de valorisation des connexes de l'exploitation forestière et des connexes de scierie, pénalisant la rentabilité globale de la filière »⁷

L'utilisation de ces connexes (notamment des chutes de bois) pourrait être une source de production de granulats sans augmenter les prélèvements forestiers et en nécessitant des équipements et des investissements peu importants.

Toutefois, en l'état actuel et bien que le nombre d'essences valorisées soit

réduit, les scieries n'opèrent pas de tri en au niveau des sous-produits et ne sont pas en mesure d'en assurer l'homogénéité. Les sous-produits utilisables dans le cadre de Toma sont donc des mélanges d'essences susceptibles d'avoir des caractéristiques très différentes et d'entraîner des variations importantes, voir des difficultés à maîtriser la confection des produits. Si, sur le long terme, l'utilisation des produits connexes du bois est une ressource importante dont l'approvisionnement mérite d'être organisée, elle semble difficilement compatible avec les spécificités du programme.

2.1.2.2 BAMBOU

Simon Velez, architecte colombien mondialement connu pour ses réalisations en bambou appelle celui-ci « l'acier vert ». Il est 27% plus dur que le chêne tout en étant d'une grande souplesse. Sa croissance est extrêmement rapide et sa longévité est estimée à 200 ans si le bois est traité contre les insectes et moisissures. Toutes ses qualités en font un matériau de construction de premier plan et Anna Heringer – autre architecte mondialement connue – affirme que le bambou et l'argile sont les deux matériaux de l'avenir.

⁷ Ibid.



Les bambous sont un matériau présent en grande quantité dans la forêt guyanaise avec plusieurs espèces importées au 19ème siècle.

La variété de bambou présente en Guyane a un certain intérêt dans le cadre d'un usage en construction (sa tige pouvant atteindre jusqu'à 15 cm de diamètre, pour près de 5 mètres de hauteur), et sa vitesse de pousse rapide milite également en faveur de son exploitation. Toutefois, la distribution de la ressource est relativement hétérogène : s'il est facile d'identifier des bouquets disséminés sur le territoire, l'absence de massifs importants de bambous complique la mise en place d'une filière d'exploitation à très court terme.

Par ailleurs, les bambous en Guyane sont considérés comme une espèce invasive : sa coupe est désormais autorisée, et son replantage interdit. Bien qu'il existe de nombreux débouchés du bambou en construction, la structuration d'une filière bambou semble actuellement contrariée. En revanche, à court terme, le prélèvement des bambous est possible, au moins jusqu'à ce que la totalité des massifs ait été exploitée – ce qui semble peu probable face à l'exceptionnelle capacité de croissance de la plante. Par ailleurs il convient de rappeler que du fait de contraintes relatives aux méthodes de transformation du bois, la mise ne place d'atelier spécifique et une adaptation du matériel constituent un préalable nécessaire à la structuration de la valorisation du bambou Mais l'absence de visibilité quant à la pérennité de la ressource remet en cause l'implication potentielle des entreprises de transformation.

Les bambous ont été utilisés dans la construction pendant de nombreuses années, un savoir-faire pour cette filière est bien présent en Guyane mais les filières de défrichage et de scierie ne s'intéressent pas à cette biomasse, et il y a un manque de savoir-faire dans l'exploitation de ce matériau.

Par ailleurs il y a différents freins majeurs à l'utilisation du bambou pour un usage en structure tels que l'absence de cadre normatif pour la construction en bambou (donc des difficultés pour répondre aux exigences assurantielles) ou encore la forte putrescibilité de certaines variétés qui constitue un risque de mauvaise tenue dans le temps notamment dans un contexte tropical humide⁸.

Bien d'autres usages que les éléments de structures sont envisageables en construction : protection des murs, isolation acoustique, revêtement et ornementation, etc. et les caractéristiques techniques du matériau peuvent correspondre aux besoins de TOMA. Toutefois, en Guyane comme dans les autres territoires ultramarins (notamment Mayotte et la Réunion) la répartition des massifs et l'absence de filière organisée rendent difficilement possible la valorisation de cet exceptionnel potentiel.

2.1.3 COPRODUITS AGRICOLES

2.1.3.1 HAMPES DE BANANIERES

⁸ Les usages du bambou comme matériau de structure sont très développés en Asie et dans les pays voisins d'Amérique Latine qui détiennent une expertise de très haut niveau tant dans les systèmes constructifs que dans l'exploitation et le traitement des productions.



Les productions maraîchères en Guyane sont particulières et diffèrent énormément du reste de la France. Les terrains agricoles sont à 50% des terrains pour des productions purement vivrières, et seulement 14% sont des cultures industrielles. Sachant que dans les productions industrielles, les productions de types canne et banane considérées comme des cultures d'exportation sont sous-développées.

Les productions dites vivrières sont en réalité partagées entre une vente pour les marchés locaux et l'autoconsommation. Ces circuits courts restent majoritaires malgré une augmentation de la production agricole. Les lieux de vente étant répartis sur tout le territoire et alimentés par un grand nombre de petits producteurs. Ces circuits sont de plus freinés par un manque de lieux de stockage.

Cette production est de trop petite quantité, cela entraîne une absence d'industrie présente. L'absence de collecte facile et concentrée sur certains lieux empêche la récolte des déchets. Malgré des caractéristiques en granulats et blocs isolants qui pourrait être largement utilisées l'absence d'un minimum de structuration d'une filière de collecte limite le potentiel d'utilisation dans le cadre de TOMA

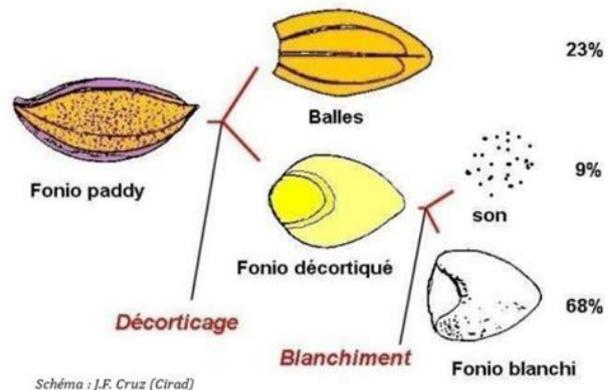
2.1.3.2 BALLE DE RIZ



Le décortiquage du riz permet de récupérer, en dehors des grains de riz destinés à la consommation, les glumelles qui enveloppent les grains. Ces « balles de riz » sont un sous-produit dense, pratiquement imputrescible, résistante au feu et peu sensible à l'humidité. De même, elle est non comestible pour les insectes, les rongeurs ou les nuisibles. Avec ces caractéristiques, elle constitue un candidat idéal pour la production de matériaux de construction, que ce soit comme isolant en vrac ou comme granulats pour la confection de mortiers ou de bétons isolants avec différents types de liants, dont les liant argileux.

La production de riz en Guyane en 2010 était de l'ordre de 30 000 Tonnes. Mais, bien que cette production ait été longtemps considérée comme l'un des fers de lance de l'économie guyanaise et malgré de nombreuses incitations, elle a décliné jusqu'à disparaître totalement. Aujourd'hui, la totalité du riz consommé en Guyane est issue de l'importation malgré les capacités de production du territoire.

Il n'est donc pas possible actuellement de cibler un développement faisant appel à ce matériau mais il convient de garder à l'esprit la simplicité des filières d'approvisionnement au cas où il y aurait une reprise de la production. Par ailleurs, il serait intéressant, au-delà du cadre actuel de TOMA – d'analyser la faisabilité d'un approvisionnement depuis les pays limitrophes producteurs tel que le Surinam d'où provient une part importante des importations.



2.1.3.3 CANNE A SUCRE : LA BAGASSE



Les quatre DOM que sont la Réunion, la Martinique, la Guadeloupe et la Guyane sont les seules régions de France productrices de canne à sucre. Avec quelques 40 000 hectares de production sur le sol français ils fournissent le produit de base pour deux filières, celles du rhum et du sucre de canne. Les processus de fabrication vont permettre d'extraire les sucres sous forme de « jus ». Afin d'améliorer l'extraction, les matières fibreuses sont imbibées d'eau et à l'issue des processus d'extraction du sucre, on obtient un résidu fibreux, la bagasse. Celle-ci représente environ 30% des cannes et elle est couramment utilisée comme énergie pour produire de l'électricité par combustion dans des centrales thermiques, électricité utilisée sur place dans les distilleries et/ou redistribuée dans les réseaux

La Guyane produit seulement 0.4% de la production française de cannes à sucre pour un total inférieur à 10.000 tonnes (200ha pour 7.400 T en 2020), ce qui est minime et quasi embryonnaire comparé au reste de la production française⁹. La filière Guyane est à ce jour uniquement orientée vers la production de rhum¹⁰ et elle est – comme l'ensemble des filières françaises - dépendante des subventions de l'état et de l'Europe. La bagasse produite est essentiellement utilisée comme source d'énergie bien qu'il faille noter quelques démarches pour la production d'emballages alimentaires et de vaisselle jetable¹¹ mais la dimension de la production guyanaise limite la convoitise des producteurs internationaux qui ont à leur disposition d'autres gisements très importants.



Enfin, il faut noter le projet Cann'Innov¹² qui vise à optimiser le rendement de l'exploitation de la canne à sucre en Guyane par l'introduction de spécimens étudiés dans d'autres territoires, et en repensant les itinéraires techniques mis en place. Deux filières sont concernées, celle de l'énergie pour fournir les centrales à biomasse, et la production à destination des rhumeries.

⁹ Les pouvoirs publics prennent peu en compte la filière guyanaise de canne à sucre dans les politiques de soutien de la filière. Par exemple le rapport PERSPECTIVES DE LA FILIÈRE CANNE-SUCRE-RHUM-ÉNERGIE EN OUTRE-MER (IGF, CGEDD et CGAAER) spécifie que « en Guyane, il existe une production de canne à sucre de faible volume dont il ne sera pas question dans le présent rapport. ». Toutefois, la Guyane bénéficie des politiques publiques mises en place – notamment des subventions.

¹⁰ Le département ne compte plus qu'une seule unité de production, la Rhumerie Saint-Maurice à Saint-Laurent-du-Maroni

¹¹ Ces produits connaissent un intérêt certain et sont affichés aux catalogues de nombreux distributeurs d'emballage. La production est en grande partie située en Chine, voir aux USA.

¹² Cann'Innov : Programme de transfert de connaissances et d'innovation pour le développement de nouvelles variétés de cannes en Guyane (2016-2022) FEDER - <https://www.guyaneforestinitiative.com/nos-actions>

En résumé, bien que modeste en volume, la production de bagasse détient deux atouts importants : d'une part la production est clairement identifiée, d'autre part la matière est relativement homogène et « lavée » des sucres qui peuvent poser différents problèmes dans la confection de matériaux de construction. Concernant les volumes mobilisables les besoins pour initier une utilisation « matériaux de construction » sont peu importants et le déploiement pourrait venir conforter des projets tel que Cann'Innov.

2.1.3.4 LE WASSAÏ



« Le wassaï (Euterpe oleracea), également connu sous le nom d'açai, est un fruit de palmier, appelé palmier Pinot en Guyane. Mise en avant pour ses propriétés anti-oxydantes et énergétiques, cette baie est depuis quelques années très en vogue en Europe et aux États-Unis.

En Guyane, point « d'açai bowl » ou « d'açai na tigela » comme au Brésil, le wassaï est consommé frais, pressé. Il est aussi bien dégusté au petit-déjeuner, mélangé avec du lait concentré sucré, qu'en accompagnement de viandes ou de poissons ou servi avec du couac.

Les plantations traditionnelles de wassaï répondent aux exigences de l'agriculture biologique et sont le plus souvent situées dans les zones marécageuses.

Plusieurs projets de développement de cette filière exploitant de nouvelles variétés et visant à répondre aux besoins internes mais surtout à l'export de baies certifiées en agriculture biologique sont en cours de démarrage en Guyane.¹³ »

Le wassaï pousse en grande quantité sur l'ensemble du territoire de la Guyane et c'est le palmier le plus abondant sur le sol français. La demande est en croissance rapide dans le monde et la Guyane réunit de nombreux atouts pour y répondre. Différents programmes soutenus par les pouvoirs publics sont en développement – notamment Yana Wassaï, basée à Montsinéry-Tonnegrande, soutenue par la Collectivité Territoriale de Guyane et par l'AFD et dont l'usine a été inaugurée en septembre 2022.

La culture du palmier Pinot engendre des quantités importantes de sous-produits (dont des palmes) qui peuvent être valorisés comme matériaux de construction. La production guyanaise n'étant pas mise en place de façon structurée lors du démarrage de TOMA (notamment le programme Yana Wassaï¹⁴ retardé par la crise sanitaire) il n'a pas été possible d'intégrer cette ressource dans le programme mais c'est une piste qui sera rapidement exploitable en s'appuyant sur la structuration de la filière qui se met en place.

2.1.4 RECYCLAGE

2.1.4.1 DECHETS TEXTILES



Depuis 2007, la réglementation française prévoit que tous les acteurs de l'habillement professionnel doivent « contribuer au recyclage et au traitement des déchets issus de ces produits ». Ils sont ainsi tenus de participer financièrement à un eco-organisme agréé (comme Eco TLC / Refashion) en charge du tri ou encore de mettre en place leur propre système de recyclage, selon un cahier des charges

¹³ Source : ministère de l'Agriculture et de la souveraineté alimentaire <https://agriculture.gouv.fr/le-wassaï-la-petite-baie-qui-monte>

¹⁴ L'usine de transformation a été inaugurée en septembre 2022

strict. Au niveau national, la collecte des textiles peut prendre différentes formes et contribue à la réutilisation du textile, avec ou sans transformation.

A l'issue de cette collecte différentes formes de valorisation des textiles usagés existent, notamment :

- la réutilisation pour un usage identique à leur première utilisation ;
- le recyclage en boucle fermée qui consiste à refaire des articles textiles à partir de textiles recyclés ;
- le recyclage en boucle ouverte qui consiste à développer de nouveaux produits grâce à la matière textile (isolants, essuyage)

S'appuyant sur cette dernière option, une production d'isolants a été mise en place. En effilochant les textiles on peut en effet obtenir une fibre répondant aux exigences de l'isolation des bâtiments, à l'instar de ce que produisent quelques entreprises dans l'hexagone. Ces fibres textiles sont utilisables en vrac en les conservant non-agglomérées ou sous forme de rouleau ou de panneaux. La démarche a été initiée par le Relais – association de solidarité et d'insertion soutenue par la Fondation Abbé Pierre – mais elle se déploie aujourd'hui avec des entreprises comme Isover qui est l'un des leaders mondiaux de l'isolation.

La Guyane, avec 290 000 Habitants et une collecte de 11.9 Kg de textiles par an/habitants, réunirait un volume de 3 451 Tonnes de textiles. Seulement la moitié étant réutilisée, il reste 1 425,5 Tonnes. Ce volume est conséquent et pourrait être augmenté en améliorant les méthodes de récoltes de textiles.

Composition des Ordures Ménagères Résiduelles (OMR), Observatoire des déchets 2011-2014, Ademe⁴⁴⁰⁴⁴¹⁴⁴²

Secteur d'activité	Hexagone		Guyane	
	%	Kg/hab/an	%	Kg/hab/an
Déchets alimentaires (restes de cuisine)	22,8 %	71,1	13,6 %	32,2
Produits alimentaires sous emballage	2,2 %	6,9	1,7 %	4
Déchets de jardin	4,7 %	14,9	4,3 %	10,5
Emballages papiers	1,2 %	3,8	1,2 %	2,9
Journaux, magazines	3 %	9,4	1,4 %	3,4
Imprimés publicitaires	3 %	9,5	1,1 %	2,8
Papiers bureautiques	2,2 %	6,9	3,1 %	7,6
Emballages carton	5,5 %	17,5	10,5 %	25,6
Textiles	2,3 %	7,3	4,9 %	11,9

Toutefois, il n'existe pas d'atelier d'effilochage sur le territoire et la mise en place d'un atelier de ce type demande un investissement qui devrait faire l'objet d'une étude de faisabilité mais qui, dans tous les cas, n'est pas compatible avec les spécificités de TOMA, qu'il s'agisse du calendrier ou des moyens disponibles.

2.2 Matrice des ressources et Synthèse - Guyane

2.2.1 MATRICE DES RESSOURCES GUYANE

		Facilité d'accès au gisement	Homogénéité des matières	Volume disponible pour la construction	Existence d'une filière / Facilité de création	Faibles transformations nécessaires	Usage existant en construction (local ou autre)	Caractéristiques intéressantes comme ISOLANT	Caractéristiques intéressantes comme GRANULATS	MOYENNE	ENJEUX
0	BIORESSOURCE										
1	PRODUITS CONNEXES DU BOIS	5	1	5	2	3	4	4	3	3,4	Malgré des questionnements concernant l'homogénéité de la ressource, la filière bois guyanaise est armée pour répondre aux enjeux visés par TOMA
2	BAMBOU	3	2	5	1	3	4	2	2	2,8	L'interdiction de plantation du bambou remet en cause toute visée sur cette ressource qui dispose toutefois d'arguments sérieux dans le domaine de la construction - même si ces arguments concernent prioritairement les matériaux de structure
3	HAMPES DE BANANIER	2	4	4	2	3	2	3	3	2,9	La production et la structuration actuelle de la filière ne sont pas compatibles avec les attentes d'une filière de matériaux de construction pérenne
4	BALLES DE RIZ	3	5	3	2	5	2	3	4	3,4	Cette ressource additionne de nombreux atouts mais l'arrêt de la production locale remet en cause son utilisation dans le cadre de TOMA. Il serait toutefois intéressant d'analyser l'intérêt et la faisabilité d'importation.
5	CANNE A SUCRE : LA BAGASSE	5	5	3	4	3	2	4	4	3,8	Les ressources sont bien identifiées, homogènes et ont fait l'objet d'expérimentations antérieures positives. Bien que le gisement ne soit pas très important, il est suffisant pour répondre aux ambitions de TOMA
6	WASSAÏ	2	5	4	4	3	1	3	4	3,3	La mise en place de la filière locale a pris du retard mais semble acquise et prometteuse d'autant que la demande mondiale s'accélère. La valorisation des sous-produits pourrait participer à la consolidation de la démarche.
7	DECHETS TEXTILES	4	3	4	3	2	4	5	1	3,3	La ressource existe et pourrait être valorisée dans l'isolation. Toutefois, cela exige de mettre en place un atelier de transformation même si on se limite aux isolants en vrac.

TOMA

2.2.2 PRE-SELECTION GUYANE

A l'issue d'une première analyse, quatre ressources ont été écartées :

- D'une part le bambou et la hampe de bananier qui ne rassemblent pas suffisamment d'atouts dans la situation actuelle pour bâtir un projet de développement ;
- D'autre part, le bambou et les balles de riz, qui malgré les nombreux intérêts qu'elles additionnent pour le secteur de la construction, souffrent d'un contexte local défavorable.

Trois ressources ont été identifiées comme compatibles avec les développements prévus dans TOMA et ont fait l'objet d'analyses complémentaires :

1. PRODUITS CONNEXES DU BOIS :

- Intérêt : filière dynamique en mesure d'assurer des volumes conséquents toute l'année
- Problématique : hétérogénéité de la ressource (8 essences dont 3 principalement qui sont mélangées sans stabilité des proportions du mélange) et surtout de sa forme (copeaux, sciures, broyats)

Analyse complémentaire

Après avoir recueilli des échantillons auprès de différents producteurs il s'est avéré que les réserves formulées quant à l'homogénéité des ressources disponibles sont fondées : les matières mobilisables sont constituées d'un mélange de différentes essences mais surtout elles sont constituées de sciures, de copeaux et de chutes de bois provenant des différentes parties des grumes (écorces, aubier, bois de cœur) donc très hétérogènes dans leur morphologie et dans leur composition.

2. WASSAÏ

- Intérêt : filière agricole en cours de mise en place avec volonté de démarche "circulaire"
- Problématique : solidité du projet et risque sur l'approvisionnement, pas d'expérience antérieure identifiée pour des utilisation construction

Analyse complémentaire

Les investigations menées n'ont pas permis d'identifier de connaissances complémentaires concernant les spécificités des sous-produits de la filière et leurs utilisations dans le domaine de la construction. Par ailleurs les échanges avec les porteurs du projet de production ont confirmé que le calendrier de ce projet n'était pas compatible avec celui de TOMA.

2. CANNE A SUCRE : LA BAGASSE

- Intérêt : un producteur clairement identifié, répliquabilité, matériau potentiellement homogène et « lavé »
 - Problématique : récolte saisonnière pouvant entraîner des problèmes de stockage, de conservation et de disponibilité - notamment actuelle
- ⇒ Décision : vérifier i) la saison de récolte ii) l'état de ce qui est mobilisable actuellement

Analyse complémentaire

Après vérification, il a été confirmé que, d'une part, les quantités de matière nécessaires au bon déroulement de TOMA étaient disponibles et de qualité suffisante et que, d'autre part, les volumes susceptibles d'être requis pour les usages ultérieurs en Guyane sont mobilisables et pourraient conforter les ambitions des projets tels que Cann'Innov (voir ci-dessus).

2.2.3 CONCLUSION ET DECISIONS GUYANE

Les ressources locales sont abondantes et variées mais leur mobilisation dépend significativement de l'organisation et de l'équipement des filières. Dans la majorité des cas il faut envisager des aménagements ou des équipements spécifiques pour permettre l'utilisation des coproduits. Pour certaines filières – comme le wasaï – cela pourra faire partie de leur plan de développement et venir consolider les démarches. Pour d'autres il faudrait envisager des investissements, voire la création d'ateliers de transformation : comme, par exemple, pour les déchets textiles qui doivent être effilochés. Dans le cas de la filière bois, cela demandera des aménagements importants et sans doute des approches différentes. Pour les balles de riz, l'importation pourrait répondre à de nombreuses exigences.

Dans tous ces cas il conviendra de vérifier les couts induits ne viennent pas contrarier la faisabilité économique.

Dans ce paysage, la bagasse échappe à ces contraintes et a donc été retenue pour les travaux de TOMA. Il sera toutefois pertinent d'approfondir les potentiels des autres ressources en concertation avec les producteurs.

3. Mayotte

3.1 Sources de matières premières mobilisables à Mayotte

3.1.1 CONTEXTE GENERAL - BIOECONOMIE

DES BIORESSOURCES ENCORE PEU IDENTIFIEES EN DEHORS DE LA PRODUCTION HISTORIQUE DE L'YLANG-YLANG¹⁵

« Mayotte est riche de sa biodiversité mais ne produit pas une biomasse importante. Il n'y a pas de surface à Mayotte pour de multiples productions. Il existe un potentiel de plantes aromatiques ou médicinales : moringa, combava, aphloia... Beaucoup de « choses » sont connues des Mahorais, mais elles sont peu diffusées. La production de plantes pour des produits biosourcés n'existe pas sur Mayotte hors ylang-ylang. Par exemple, la provenance hors de Mayotte du bois de santal utilisé par les femmes comme masque de visage n'est pas connue.

La culture de l'ylang-ylang et la production d'essence qui en est extraite sont tombées à un niveau très faible à Mayotte. Elle s'est effondrée (environ 400 ha jusque dans les années 2000) au profit des Comores et de Madagascar qui fournissent l'essentiel du marché mondial. En 1994, il y avait 750 producteurs d'ylang-ylang. Il n'en reste aujourd'hui que 83. Il s'agit de petits producteurs, la cueillette est souvent familiale et elle est pourvoyeuse d'emplois. Toutefois, il convient de noter que le terroir de Mayotte est bon, voire très réputé. La distillation traditionnelle se fait avec du bois qui devient rare dans la région surtout à Madagascar et aux Comores. Il existe des projets de distillerie fonctionnant au solaire.

Il y a une vraie demande sociétale pour reconnaître les produits aux origines locales avec une reconnaissance sociale (produits équitables). Il est cité par exemple la présence de trente espèces de poivriers différents sur Mayotte qui peuvent avoir de l'intérêt en cosmétique.

[...]

En ce qui concerne les matériaux biosourcés, quelques tentatives intéressantes sont faites pour construire avec ces matériaux mais les ressources sur l'île sont très modestes.

LA PRISE EN COMPTE DE LA BIO ECONOMIE DES PRODUITS BIOSOURCES RESTE A FAIRE¹⁶

Mayotte a trois atouts : c'est une île, elle est française et africaine et doit donc pouvoir s'intégrer dans la zone régionale. La Chambre de commerce et d'industrie de Mayotte devrait créer un poste de manager de cluster pour le domaine de la bio économie. C'est la seule institution qui ait un projet pour le développement des produits biosourcés à Mayotte. Le département n'a pas eu l'intention de développer ces niches et a pris du retard. La collectivité territoriale doit écrire son schéma enseignement recherche. Un pôle d'excellence rurale (PER de Coconi) a été construit par la collectivité, mais le projet n'a pas été réfléchi avec les producteurs de l'île dont ceux d'ylang-ylang et il y a une forte probabilité que le bâtiment soit inadapté à une utilisation industrielle et nécessite des travaux importants. Depuis le 1er janvier 2020, l'Université de Mayotte devenue université de plein exercice a toute liberté pour définir ses axes de travail. Elle est en forte croissance (enseignants et chercheurs) et entend se renforcer en biologie biochimie. Une licence professionnelle en cosmétique est

¹⁵ Sources : *Quels leviers pour développer la bio économie des produits biosourcés en outre-mer ?* CGAAER

¹⁶ *Ibid.*

envisagée en partenariat avec des universités et écoles de métropole. Cette licence pourrait intéresser des pays de la région Océan Indien. Actuellement, les seules personnes habilitées à diriger la recherche sur Mayotte sont à l'université.

QUELQUES ACTEURS ECONOMIQUES, HORS AGRICULTEURS, POTENTIELS A MAYOTTE¹⁷

Un préalable nécessaire à connaître : les Comores peuvent produire de nombreuses plantes de l'Océan Indien, mais la production est peu stable et les investissements compliqués. La traçabilité n'est pas assurée et c'est la principale difficulté. Les gros industriels souhaitent aujourd'hui assurer une traçabilité de leur produit dans le cadre du triptyque d'un développement durable : environnement préservé, pas de travail des enfants, retour de valeur au producteur (travail équitable) [...]

3.1.2 COPRODUITS AGRICOLES ET FORESTIERS

3.1.2.1 RESSOURCES FORESTIERES (GENERALITES)¹⁸

CARACTERISATION DE LA FORET MAHORAISE ET PASSAGE EN REVUE DES TYPES D'ESSENCES PRESENTES A MAYOTTE

Le territoire mahorais est couvert à 38% d'espaces boisés [IGN, 2018] et compte plus de 250 espèces d'arbres, dont 48 espèces endémiques de Mayotte, 74 espèces endémiques des Comores et 148 espèces endémiques de la sous-région de l'Océan Indien Occidental.[...]

En dépit d'une proportion de surface forestière légèrement supérieure à la moyenne hexagonale (qui est de 31% selon l'IGN), la variété des profils forestiers, la fragmentation de l'espace boisé et le fait que l'accessibilité aux massifs soit limitée font que ce potentiel significatif n'est à ce jour que peu exploité.

Une trentaine d'essences présentes sur l'île peuvent être mobilisées pour la production de bois d'œuvre, parmi lesquelles vingt sont endémiques ou naturalisées. **Douze de ces espèces endémiques ou naturalisées sont traditionnellement utilisées pour la construction.** L'intérêt de la mobilisation prioritaire des essences endémiques dans le cadre d'un usage en construction réside dans leurs atouts en termes de caractéristiques techniques du bois, en particulier **son imputrescibilité et sa résistance aux parasites** (qui sont deux enjeux majeurs dans la zone tropicale humide). Au total, cinq essences sont particulièrement reconnues comme présentant un bois à la fois adapté à un usage en construction et facilement traitable contre les parasites et le pourrissement : l'olivier du cap typique, le jaquier, le takamaka, le bois de condori, et le soretra.

La surface forestière mahoraise est essentiellement constituée de forêts secondarisées, qui ont peu à peu, en lien avec l'anthropisation du territoire, supplanté les forêts primaires. Si, comme évoqué plus haut, le bois issu d'essences endémiques est meilleur pour un usage en construction, le volume sur pied des essences non endémiques, et leur exploitation dans le cadre de travaux de restauration écologiques (dont l'objet serait par exemple de prélever, sur des parcelles pré-identifiées, des essences non endémiques pour replanter, à la place, des essences endémiques) pourrait constituer une piste intéressante pour mobiliser plus largement la ressource en bois disponible.

Le Conseil départemental : acteur clé en charge de la production de bois d'œuvre :

Le Département est un important propriétaire foncier et forestier, puisqu'il gère 4 459 ha de massifs forestiers sur l'île de Mayotte et environ 1 200 ha supplémentaires qui sont en cours

¹⁷ Ibid.

¹⁸ Source : *Etude du potentiel mahorais de développement des matériaux et produits de construction biosourcés locaux* - DEAL

de soumission au régime forestier. Les deux autres principaux acteurs de la forêt mahoraise sont l'ONF d'une part, qui gère 1 133 ha de forêts domaniales, et le Conservatoire du Littoral d'autre part, qui détient 1 748 ha de mangroves et des forêts d'arrière-littoral, mais sa gestion est déléguée au Conseil départemental [DAAF, 2016]. Le reste de la forêt mahoraise, qui est privée, est assez morcelée. A Mayotte, il existe un réel enjeu autour de la mise à jour du cadastre, et de nombreux propriétaires ne connaissent pas précisément les limites de leurs parcelles, ne disposant souvent d'aucun document légal y faisant référence, notamment car de nombreuses transmissions ont été réalisées à l'oral.

LA SCIERIE DE COCONI, L'UNIQUE SITE DE TRANSFORMATION DU BOIS INDUSTRIELLE DE L'ILE, EST A L'ARRET DEPUIS 2017

L'île compte une seule unité de transformation industrielle du bois, la scierie de Coconi. A l'arrêt depuis le début de l'année 2017 pour cause de vétusté, la scierie fait l'objet d'un projet de rénovation. Ainsi, le volume de bois transformé depuis 2017 est donc nul. Une estimation de la rentabilité de la scierie précise que celle-ci devrait transformer au moins 2 000 mètres cubes de bois par an pour être économiquement viable. Sa capacité de production est estimée entre 3 000 et 4 000 m³ par an, soit entre 2 100 et 2 800 tonnes par an, ce qui est d'ailleurs insuffisant au regard des besoins en bois de l'île, qui, en 2011, en importait un volume s'élevant à 8 103 tonnes [DAAF, 2016].

Toutefois, à ce jour, le redémarrage de la scierie n'est toujours pas actif et remet en cause l'utilisation du potentiel forestier pour répondre aux ambitions du programme TOMA

3.1.2.2 BOIS ET FEUILLE DE MANGUIER



Si la ressource en bois de manguier est relativement abondante, il n'en demeure pas moins qu'elle est assez difficile d'accès, ce qui peut constituer un frein important à sa mobilisation. Par ailleurs, ces arbres souvent épars ne forment que peu de bosquets. La perspective du développement d'une filière pourrait dès lors nécessiter la plantation de champs de manguiers sur des terrains plus faciles d'accès.

De plus, il s'agit d'un arbre considéré comme « bien commun », duquel la population récolte régulièrement les fruits. Son statut implicite d'arbre « collectif » le rend donc difficilement valorisable dans le cadre d'un usage en construction.

Concernant l'homogénéité, les vieux arbres sont généralement assez grands et massifs (ils peuvent atteindre 40m de haut et 5-6m de circonférence).

Il convient de noter que le bois de manguier doit être traité avant d'être utilisé dans le cadre des constructions, dans la mesure où il est facilement attaqué par les termites. Ce bois était utilisé pour la construction de pirogues ce qui montre qu'il a une bonne résistance à l'eau. Par ailleurs il est imputrescible ce qui peut être une caractéristique intéressante sur le long terme.

Dans le cadre des activités de la SIM (dans les années 1980), le bois de manguier était essentiellement utilisé pour fabriquer du bardeau. La technique de transformation consistait alors à fendre le bois brut en deux et à le scier sur les deux tiers de sa longueur, de telle sorte que l'intégrité des fibres était préservée, ce qui protégeait le bois de l'humidité.

Dans tous les cas, la scierie de Coconi étant fermée (voir encadré ci-dessus), il n'y a, pour l'instant, pas de possibilité de découpe du bois, donc de production de sous ou co-produits valorisables dans le programme TOMA

Les manguiers fournissent un autre produit de plus en plus demandé : les feuilles de l'arbre sont en effet riches en vitamines (A, B, et D), en flavonoïdes, en phénols et en antioxydants. Elles sont proposées séchées ou en poudre par de nombreux commerçants spécialisés et on leur prête d'innombrables vertus depuis le contrôle du diabète jusqu'au traitement des brûlures en passant par la facilitation de la digestion, la perte de poids, la résorption des éruptions cutanées ou encore le traitement de l'insomnie en les ajoutant dans l'eau de votre bain (! – et la liste est loin d'être exhaustive). Quelle que soit l'efficacité de ces remèdes, ils induisent la mise en place de filières de collecte d'une ressource abondante dans de nombreuses régions et particulièrement à Mayotte où la mangue est le fruit omniprésent.



L'organisation d'une filière locale pourrait donc trouver des débouchés complémentaires dans des utilisations en construction. Cette piste est d'autant plus intéressante que l'on conserve l'arbre et que l'on valorise une matière végétale rapidement renouvelable avec des impacts intéressants sur le stockage du carbone.

Il est toutefois à noter que nous n'avons pas identifié ni préalables quant à usage des feuilles de manguiers dans la construction ni étude à ce sujet.

3.1.2.3 BOIS DE COCOTIER



Le cocotier est une monocotylédone. Le matériau composant le stipe (troc) est appelé abusivement bois. Il ne présente ni aubier ni duramen. Seule la couronne périphérique du stipe présente les caractéristiques du bois.

Dans les années 1970 / 1980, le nombre de cocotiers sur Mayotte était estimé à environ 400 000. Le gisement était alors constitué de cocotiers plutôt en fin de vie. S'il est difficile d'estimer la population actuelle, il convient de noter que la bétonisation en a détruit une importante partie.

Aujourd'hui, l'exploitation du gisement est freinée par les difficultés liées à l'identification des propriétaires forestiers, et au manque de pistes forestières permettant l'accès aux ressources. En fonction de la densité du faux-tronc, le bois de cocotier peut être valorisé soit en structure soit pour l'aménagement intérieur des bâtiments. Cet arbre fruitier génère des noix de 5 ans à 70 ans, avec un ralentissement conséquent à partir de 50 ans. Dès lors, le cocotier peut faire l'objet d'une nouvelle valorisation, notamment dans le cadre d'un usage en construction. Une fois la largeur du stipe développée, la taille maximale du cocotier peut atteindre jusqu'à 25 mètres de haut, avec un diamètre de 30 à 60 cm. Ainsi, la valorisation de ce bois est optimale si la coupe est réalisée lorsque le cocotier est en fin de vie (réduction du risque de conflits d'usage avec l'alimentation).

La transformation du bois de cocotier nécessiterait la restauration de l'unique scierie mahoraise (voir encadré ci-dessus). Il est à noter que plus le cocotier a été coupé près de la mer et plus le bois de celui-ci est riche en sel qui accélère le rythme des affutages des scies lors de la transformation du bois. De manière générale, il s'agit d'un bois relativement difficile à travailler, qui peut avoir tendance, sur le long terme, à abîmer l'outillage de l'usine. Les savoir-faire locaux dans l'utilisation du bois de cocotier existent mais il est nécessaire de lancer un processus de structuration de la filière et de mise en valeur de ces connaissances.

En particulier, le bois de cocotier présente un intérêt en matière d'isolation phonique et thermique du bâtiment, et peut de ce fait être utilisé en bardeau ainsi qu'en plancher

(comme menuiseries). Un traitement à cœur du bois de cocotier (par le biais d'une injection sous pression du traitement) est nécessaire afin qu'il ne pourrisse pas.

Le bois de cocotier est très dense. Comme il ne contient pas d'amidon et qu'il est très dur, le bois de cocotier nécessite un traitement contre les insectes mais est globalement résistant.

Dans tous les cas, bien que cette ressource soit potentiellement très abondante, l'absence de scierie annule actuellement toute possibilité de valorisation de connexes des troncs de cocotier.

3.1.2.4 FIBRE DE COCO



Issues de la bourre du fruit du cocotier (c'est à dire l'enveloppe fibreuse l'entourant afin de la protéger la noix de coco poussant sur le cocotier), elle se compose de fibres creuses qui lui confèrent d'excellentes capacités thermiques.

A Mayotte le volume de cocotiers représente 450.000 pieds en culture soit 78 750 000 bourres de coco par an et donc environ 23 625 tonnes de fibres de coco par an.

Sa structure aérée contribue aussi à le rendre quasiment imputrescible, de sorte que le coco convient idéalement aux zones humides. Les fibres de coco constituent par ailleurs un milieu peu favorable au développement des champignons. Elles résistent aussi bien aux rongeurs qu'aux insectes Le coefficient

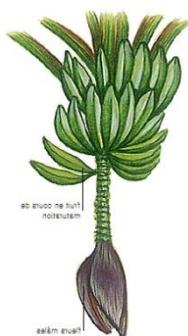
de conductivité thermique (λ) de la fibre de coco est compris entre 0,037 et 0,045 W/m.K ce qui lui confère une très bonne performance thermique. C'est également un isolant phonique très efficace contre les bruits aériens et d'impacts.

Pour fabriquer de l'isolant à base de coco, les industriels ont développé des processus parfaitement maîtrisés, correspondant aux différents types de produits. L'isolant peut se présenter sous forme de rouleaux, mais aussi de panneaux. Dans ce cas, les fibres sont peignées, étalées puis mises en forme et imprégnées de latex naturel. Les rouleaux s'utilisent comme de la laine de verre tandis que les panneaux peuvent être agrafés aux parois à isoler. Le coco existe aussi en fibres libres.

Résistants, légers, quasiment imputrescibles, les isolants en fibre de coco sont présentés comme respectueux de la santé, puisque leur fabrication nécessite peu de traitement, à l'exception du sel de bore pour le traitement anti-feu et insecticide, bien que ce type de traitement fasse débat quand aux risques sanitaires (cf Ouate de cellulose)

La production des isolants à base de fibres de coco nécessite des moyens importants pour réaliser l'extraction et le traitement des fibres de façon industrielle et les matériaux sont réputés coûteux. Des méthodes d'extraction manuelle – donc plus artisanales - sont possibles et peuvent répondre aux attentes du programme TOMA, au moins en phase expérimentale - sachant que son utilisation en mélanges avec des argiles a déjà fait l'objet d'expérimentation.

3.1.2.5 BANANIER – HAMPES



Les hampes de bananiers sont les tiges en forme de crosse dirigées vers le bas, qui émergent du sommet des bananiers et qui portent les bananes.

La culture de banane est encore très présente à Mayotte. Selon une estimation, les hampes de bananiers (résidus de bananier) représenteraient 180 tonnes. Il est possible de récupérer directement les hampes dans les productions bananières qui sont coupées après récolte des régimes de bananes.

Le rapport de recherche préliminaire de l'INPI sur l'invention d'un matériau constitué essentiellement de microfibrilles issues de fibres de hampes de bananiers montre que celui-ci a de très bonnes performances thermique et acoustique.

Les hampes de bananiers sont constituées presque essentiellement de fibres ayant la propriété de se diviser en microfibrilles, alors que les fibres des autres parties du bananier sont uniques et pratiquement indivisibles. Or, ces microfibrilles, lorsqu'elles sont agglomérées, ont la capacité d'emmagasiner un volume important de microbulles d'air qui participent à l'isolation thermique et acoustique du matériau final. Le volume d'air emmagasiné dans un agglomérat de microfibrilles issues de fibres de hampes de bananiers est supérieur (de 5% à 30% selon la densité du matériau fini) au volume d'air emmagasiné dans un agglomérat de simples fibres issues des autres parties du bananiers (troncs, peaux de bananes, feuilles ...)

Il n'existe pas de filière locale à Mayotte pour la transformation des hampes de bananier en matériau isolant. De plus, la procédure de transformation reste complexe avec de nombreuses phases :

- Effilochage des hampes de bananiers de manière à séparer les fibres en microfibrilles
- Ecrasement des microfibrilles obtenues pour les aplatir puis les effiloquer de nouveau
- Ajout de liant (80-90% de hampes sur l'isolant final)
- Mise en forme définitive du matériau

Il est possible d'ajouter un traitement ignifuge (même si les fibres de hampes sont pratiquement un ignifuge naturel rendant le matériau ininflammable), antibactérien, fongicide avant ou pendant le mélange des microfibrilles avec le liant

La conductivité thermique de ce nouveau matériau serait de l'ordre 0,04W/m.K.

Ce matériau isolant se présente sous forme de panneaux, de rouleaux ou de microfibrilles à souffler ou à floquer dans un autre matériau.

Toutefois, la disponibilité des différents coproduits des bananiers est importante et offre une ressource intéressante dans le cadre de TOMA.

3.1.2.1 BANANIER –FEUILLES



Comme évoqué ci-dessus la production de banane est importante à Mayotte. Au-delà des hampes, les feuilles de bananiers représentent une ressource abondante, chaque bananier pouvant produire jusqu'à 40 feuilles au cours d'un cycle de croissance. Ces feuilles connaissent traditionnellement de nombreux usages dans toutes les régions du monde où les bananiers sont présents qu'il s'agisse de nourriture, d'emballage ou encore de tressage pour des éléments décoratifs. A noter, une espèce de bananier, l'**abaca**, est cultivée aux Philippines pour la

production de fibres ; elle est appelée « chanvre de Manille ». Cette fibre est principalement employée pour la fabrication de cordes et c'est la plus durable des fibres naturelles¹⁹.

Mais surtout, les feuilles de bananiers sont très couramment utilisées en construction traditionnelle de maisons dans les régions tropicales pour les toitures en chaume de feuilles de bananier sèches.

En résumé, d'une part, la ressource est donc abondante à Mayotte et dans de très nombreuses régions du monde et, d'autre part, les qualités techniques des fibres de feuilles de bananiers sont avérées. Les développements qui pourraient être élaborés dans le cadre de TOMA pourraient donc trouver des déploiements significatifs.

3.1.2.2 BAMBOU



La variété géante de bambou présente sur Mayotte revêt un certain intérêt dans le cadre d'un usage en construction (sa tige pouvant atteindre jusqu'à 15 cm de diamètre, pour près de 5 mètres de hauteur), et sa vitesse de pousse rapide milite également en faveur de son exploitation. Toutefois, la distribution de la ressource est relativement hétérogène : s'il est facile d'identifier des bouquets disséminés sur le territoire, l'absence d'importants massifs de bambous tend à compromettre en partie la mise en place d'une filière d'exploitation à très court terme.

Par ailleurs, à la suite de la consultation nationale qui a eu lieu en janvier 2019, le bambou vulgaris sera probablement considéré comme une espèce invasive : sa coupe sera désormais autorisée, et son replantage interdit. Bien qu'il existe de nombreux débouchés du bambou en construction, à court terme, la structuration d'une filière bambou semble dès lors compromise. En revanche, le prélèvement des bambous sera vraisemblablement possible, au moins jusqu'à ce que la totalité des massifs ait été exploitée. Mais il convient de rappeler que du fait de contraintes relatives aux méthodes de transformation du bois (chaque type de bois nécessite en effet un outillage spécifique), une adaptation du matériel constitue un préalable nécessaire à la structuration d'une filière bambou (cette plante étant majoritairement non-ligneuse à la différence des essences d'arbres habituellement transformées dans la scierie).

La ressource en bambou est donc susceptible d'être mobilisée dans le cadre d'un usage en construction. Cependant, son exploitation à l'échelle semi-industrielle et industrielle nécessitera une adaptation de l'outillage de la scierie et surtout de la filière de collecte. Sur le long terme, et dans la mesure où le bambou va vraisemblablement être considéré comme une espèce invasive, sa disponibilité risque de décroître.²⁰

Toutefois l'intérêt pour le bambou par de nombreux professionnels de la construction – y compris par des architectes prestigieux comme Simon Velez, Vo Trong Ghia ou Anna Heringer – mobilise de plus en plus d'acteurs dans les territoires ultramarins français (notamment à Mayotte) mais aussi dans l'hexagone. Cet intérêt pourrait amener à revoir cette vision « plante invasive » au profit d'une approche de production maîtrisée.

3.1.3 RECYCLAGE

3.1.3.1 PALETTES

¹⁹ Source : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Bananier>

²⁰ Source : *Etude du potentiel mahorais de développement des matériaux et produits de construction biosourcés locaux* - DEAL



La palette est composée de : pin maritime, pin sylvestre, sapin, épicéa, douglas, hêtre, peuplier...

Les palettes sont importées sur le territoire mahorais par les distributeurs locaux (La grande distribution, les quincailleries etc. pour une utilisation en manutention et stockage) dans le cadre de l'importation des biens revendus sur place.

Il est difficile de réaliser une estimation volumique actuelle du gisement de palettes.

En 2013, un rapport de l'ADEME indiquait qu'au minimum 115 tonnes de palettes par an transitaient par Mayotte, dont :

- 67 tonnes étaient réutilisées ou valorisées à d'autres fins que le stockage : l'intérêt des particuliers et/ou professionnels vis-à-vis des palettes est grand, du fait de leur réutilisabilité en particulier pour un usage en décoration intérieure. La palette est également valorisée comme bois de chauffe pour la cuisine dans divers restaurants et chez les particuliers. La filière de la revalorisation des palettes connaît un certain succès dans le cadre de l'économie formelle, mais aussi dans le cadre de l'économie informelle.
- 48 tonnes environ étaient alors éliminées ou réutilisées pour le stockage. Il est dès lors possible de déduire que le volume restant captable pour la construction est relativement faible, de l'ordre de la vingtaine de tonnes par an (en considérant que parmi les 48 tonnes éliminées ou réutilisées pour le stockage, une majorité est réutilisée par les entreprises, comme le suggère le rapport de l'ADEME).

L'accessibilité des palettes est possible grâce à la mise en place par certains acteurs tel que Enzo Technic Recyclage d'une filière de réemploi pour le conditionnement, le stockage et l'export.

Une transformation en granulats impliquerait l'achat d'un broyeur pour palettes et bois d'emballage (à partir de 25 000 €).

La création de granulats de palette ou de panneaux isolants est possible mais nécessite un savoir-faire non présent sur l'île mais existant en France hexagonale.



A titre d'exemple, le Naturbloc²¹ Bois de chez Alkern est un bloc biosourcé en béton de bois, porteur et isolant pour la construction de maisons individuelles et bâtiments collectifs allant jusqu'à R+2. Il est conçu selon un cercle vertueux de fabrication. Les granulats minéraux sont remplacés par des granulats biosourcés, en l'occurrence des déchets de palette

Le bloc peut recevoir une isolation rapportée soit par l'intérieur en ouate de cellulose, soit par l'extérieur en fibre de bois. Ses qualités naturelles de régulation de l'humidité et d'isolation ($R=0,85 \text{ m}^2.K/W$) assurent le confort d'un habitat bien isolé et économe en énergie. Il n'y a pas de risque de dégradation hygrothermique de la paroi. La qualité de l'air intérieur est également préservée : classement A+ aux polluants volatiles

²¹ Naturbloc n'est plus proposé dans la gamme de produit d'Alkern

3.1.3.2 DECHETS TEXTILES



La collecte et la revalorisation des textiles d'habillement, linge de maison et chaussures est largement dépendante du tissu associatif sur l'île de Mayotte. Aucun système de collecte et de revalorisation du textile comme isolant thermique ou phonique n'a été mis en place à l'échelle locale. Le Comité de Maillage d'EcoTLC, organisme d'accompagnement du recyclage des produits issus de la filière textile, s'est lancé en 2017 dans une politique d'équipement de points de collecte

dans les DROM, mais aucune infrastructure n'a encore vu le jour sur le territoire mahorais (pas de nouvelles informations depuis 2019).

La mise en place d'un système de collecte permettant à la fois le tri des déchets textiles et celui des déchets textiles sanitaires permettrait de mobiliser ces ressources de manière optimale pour un usage en construction.

En ce qui concerne les déchets textiles, 2000 tonnes de ce type de déchets ont été identifiées dans le site d'enfouissement (faute de filière de valorisation, de grandes quantités de déchets sont enfouies chaque année). Donc nous pouvons estimer que 2000 tonnes de déchets pourraient être dédiées à la construction.

Les textiles recyclés (70 % coton, 15 % laine et acrylique) sont effilochés et nettoyés. Puis les fibres sont compactées. Ils reçoivent enfin un traitement antifongique. Longueur, densité, mélange et résistance mécanique des fibres sont contrôlés ; puis elles sont mêlées à 5 à 15 % de fibres de polyester thermo-fusible. Ce feutre est ensuite thermo-fixé au four à 170°C. Il n'existe actuellement pas de filière de transformation sur l'île de Mayotte.

En France hexagonale, le savoir-faire est présent et plusieurs solutions sont possible :

- Création de panneaux (mur, plancher / combles perdus, rampant)
- Création de rouleaux
- En vrac (mur, plancher / combles perdus, rampant)

Que ce soit pour une isolation thermique repartie ou par couche, les déchets textiles présentent de bonnes conductivités thermiques :

- Pour des rouleaux : 0,039 W/m.K
- En vrac : 0,042 W/m.K

Ce matériau, une fois créé, est capillaire, hydrophile et hygroscopique (qui absorbe l'humidité de l'air) mais ne gonfle pas au contact de l'eau. Il est un bon régulateur hygrothermique et a une bonne isolation acoustique. Cependant les isolations par transformation de déchets textiles ont une mauvaise résistance au feu selon l'Euroclass : E/S1/d0. De plus dans le cas de l'isolation thermique par couche, il peut y avoir un tassement possible des panneaux ou rouleaux dans les murs (à long terme).

C'est donc une ressource disponible mais qui nécessite la mise en place d'une filière de collecte et de tri et d'un atelier d'effilochage, donc d'un investissement significatif. A ce stade nous n'avons pas identifié de démarche en cours et c'est donc une option peu envisageable dans le cadre de TOMA.

3.1.3.3 PAPIER, CARTON²²



Mis en place à partir de 2013 sur le territoire mahorais, le tri sélectif connaît un succès mitigé. Certains déchets recyclables comme le papier et le carton ne disposaient jusqu'à maintenant pas de borne de collecte dédiée dans le système de tri mis en place par l'éco-organisme Citeo. Quelques entreprises proposaient déjà des prestations de collecte du carton (dans des conditions similaires à la filière

palettes brièvement décrite ci-dessus), notamment Enzo Technic Recyclage et STAR Mayotte (filiale locale de SUEZ), mais celles-ci se limitaient au conditionnement pour l'export et étaient principalement réservées aux professionnels.

Pourtant, 14,5% des ordures ménagères résiduelles sont composées de papiers/cartons à Mayotte, une proportion qui peut atteindre 21% dans certaines zones commerciales [ADEME, 2018]. En 2019, des bornes de collecte pour les déchets de type papiers-cartons ont été mises en place sur l'île et permettent de recycler une partie des 29 kg de papiers-cartons produits par habitant chaque année. A ce jour, aucun projet de revalorisation de ces ressources sur l'île n'a été lancé : la mise en place de sites de revalorisation autonomes apparaît donc comme un enjeu majeur pour Mayotte, d'autant plus maintenant que la ressource est davantage collectée, et in fine, davantage mobilisable.

Comme pour les déchets textiles, les démarches et investissements à mettre en place sont trop lourds pour fiabiliser cette ressource dans le cadre de TOMA.

3.1.3.4 DECHETS VERTS²³



Dans le cadre d'une valorisation pour un usage en construction, les déchets verts peuvent notamment servir à la fabrication de granulats végétaux ou de blocs isolants biosourcés.

On distingue plusieurs sources de déchets verts sur le territoire mahorais, parmi lesquelles figurent notamment les déchets verts ménagers d'une part ainsi que les déchets verts liés à l'activité des entreprises forestières, d'entretien des espaces verts ou de travaux publics d'autre part. Les déchets de bois proviennent quant à eux principalement des activités de transformation de bois et de l'activité liée aux bâtiments et travaux publics. Le périmètre des déchets verts tel que catégorisée par l'ADEME intègre la ressource bois issue des autorisations de défrichement.

En tout, le volume des déchets verts ménagers produits sur le territoire est estimé à 300 tonnes par an [ADEME, 2014].

La quantité de déchets verts générée par l'activité des entreprises varie en fonction du nombre de chantiers et de leur envergure. A titre d'exemple, la société de BTP Tetrama évaluait qu'un unique chantier avait généré 380 m³ de déchets verts en 2012, un volume qui correspond à ce que l'entreprise génère parfois sur une année. Dès lors, la quantité de déchets verts générés par les chantiers et travaux peut varier de façon significative d'une année sur l'autre, allant de 3 200 tonnes par an à plus de 5 000 tonnes par an selon l'ADEME (2014).

Les estimations restent relativement imprécises du fait du caractère souvent incomplet du suivi de ses déchets par chaque entreprise. Par ailleurs, la systématisation du dépôt des

²² *Source : Etude du potentiel mahorais de développement des matériaux et produits de construction biosourcés locaux - DEAL*

²³ *Idem*

déchets verts dans les zones de collecte adéquates n'est pas encore suffisamment ancrée dans les pratiques des professionnels comme des particuliers (16% des ordures ménagères résiduelles étaient des déchets verts en 2018 [ADEME, 2018]), ce qui complexifie à la fois les estimations et la captation des ressources. Il convient toutefois de souligner que les déchets verts en dépôts sauvages sont déjà en partie revalorisés dans le cadre de l'alimentation animale, puisque certains éleveurs laissent paître leurs bêtes (notamment des zébus), participant ainsi de l'entretien des espaces verts de l'île. Cet aspect relatif au recyclage « naturel » est déterminant dans la compréhension des flux de déchets mahorais et explique que le potentiel mobilisable est en réalité souvent inférieur à la quantité totale de déchets générés (même dans le cas où la collecte serait totalement effective).

La majorité des déchets verts est destinée à l'enfouissement faute de sites de valorisation. Parmi les quatre décharges collectant des déchets verts gérées par Tetrama en 2013, trois ne pratiquaient aucun tri entre les ordures ménagères et les déchets verts. L'ISDND de Dzoumogné pratique quant à elle le tri et dispose d'une capacité de compostage maximale de 8 000 tonnes par an.

Aussi, une partie des déchets verts est destinée au charbonnage, que ce soit dans le cadre d'une filière légale ou d'une filière illégale, ce qui nuit au potentiel mobilisable total pour une éventuelle revalorisation dans le domaine de la construction. De plus les caractéristiques techniques de cette ressource sont très variables ; il faudrait mettre en place un tri sélectif précis qui n'est pas envisageable dans le contexte local actuel.

3.2 Synthèse et Matrice des ressources - Mayotte

3.2.1 MATRICE DES RESSOURCES GUYANE

0	BIORESSOURCE	Facilité d'accès au gisement	Homogénéité des matières	Volume disponible pour la construction	Existence d'une filière / Facilité de création	Faibles transformations nécessaires	Usage existant en construction (local ou autre)	Caractéristiques intéressantes comme ISOLANT	Caractéristiques intéressantes comme GRANULATS	MOYENNE	ENJEUX
1	Connexes du bois de scierie	2	1	4	2	2	4	4	4	2,9	Scierie actuellement non fonctionnelle mais volume important
2	Bois de manguiers	2	4	3	2	2	2	3	4	2,8	Scierie actuellement non fonctionnelle, volume important. Difficultés de mobilisation (Bien commun)
2	Feuilles de manguiers	4	4	4	3	3	1	4	4	3,4	Largement disponible et potentiel pour de nombreux usages pouvant justifier la mise ne place d'une filière
3	Bois de cocotiers	2	4	4	1	2	3	4	4	3,0	Scierie actuellement non fonctionnelle, pas de filière organisée, difficultés de transformation
4	Fibres de coco	3	3	4	2	3	5	4	3	3,4	Pas de filière organisée à Mayotte mais savoir-faire important et possibilité d'autres valorisations
5	Bananier : hampes	3	3	4	1	2	2	4	4	2,9	Disponibilité importante mais nécessité d'un outil important pour extraire les fibres
6	Bananier : feuilles	4	4	4	3	3	4	4	3	3,6	Disponibilité importante et savoir-faire dans les usages construction
7	Bambou	2	3	3	1	3	5	4	4	3,1	Scierie actuellement non fonctionnelle, ressources importantes mais disséminée, interdiction de culture prévue
8	Recyclage : Palettes	2	3	2	2	3	3	4	4	2,9	Concurrence d'usages, atelier de broyage à créer
9	Recyclage : Déchets textiles	2	2	5	2	2	4	5	2	3,0	Technologies de transformations industrielles encore peu développées et non prioritaires par rapport au développement d'autres filières
10	Recyclage : Papier carton	1	2	5	2	2	5	5	2	3,0	Filière de collecte existante mais devant être optimisée, pas d'atelier de préparation existant ou prévu
11	Déchets verts	2	1	5	1	3	1	3	2	2,3	Variabilité de la matière difficilement compatible pour la production de matériaux de construction

3.2.2 SELECTION MAYOTTE

A l'issue d'une première analyse une grande partie des ressources (4) sont écartées à cause de l'absence de scierie dans le département et de visibilité sur la relance du site de Coconi. Par ailleurs, toutes les filières de recyclage (textiles, papiers, palettes et déchets verts) sont insuffisamment organisées et/ou équipées et présentent peu de visibilité quant à leurs évolutions à courts termes pour répondre aux exigences du programme TOMA

Trois ressources ont été identifiées comme compatibles avec les développements prévus dans TOMA et retenus pour la suite des travaux :

1. FEUILLE DE MANGUIER :

La ressource est importante et la collecte, à un premier niveau, compatible avec les travaux prévus dans TOMA, ne demande pas de mise en place lourde. Les feuilles devront simplement être ramassées au sol, découpées ou broyées et séchées avant de les utiliser.

Si, cette ressource devait être retenue à l'issue des travaux des phases suivantes du programme, il faudra mettre en place une filière qui trouvera des valorisations complémentaires et potentiellement lucratives dans d'autres domaines d'activité.

2. FIBRE DE COCO :

Cette ressource est également abondante à Mayotte et d'autres régions tropicales. La préparation des fibres et leurs usages industriels sont connus et matures bien qu'il n'y ait pas d'unité de transformation locale. Par ailleurs ces fibres sont déjà utilisées dans la construction et différents travaux scientifiques ont validé leur compatibilité avec des liants tels que l'argile. Pour TOMA, une préparation manuelle sera mise en place.

2. BANANIER : FEUILLE

Disponibles très largement à Mayotte et ailleurs dans le monde, les feuilles de bananiers sont couramment utilisées en construction bien qu'il ne semble pas qu'elles soient couramment utilisées dans des mélanges avec de l'argile (en dehors de quelques travaux scientifiques). Cette grande disponibilité, la facilité de collecte et de préparation et le potentiel de déploiement au-delà de Mayotte nous a incités à retenir cette ressource pour le programme.

3.2.3 CONCLUSION MAYOTTE

Les ressources végétales sont extrêmement importantes localement mais très peu valorisées du fait du manque de structuration des filières. Notamment la filière bois qui détient de nombreux atouts est totalement bloquée par l'arrêt de la dernière scierie locale. Il conviendra donc de revoir les potentiels si cette situation venait à évoluer.

Par ailleurs, les conditions locales semblent très favorables à la production de bambous, matériau qui possède de nombreuses caractéristiques tant technique qu'environnementale attendues dans la construction durable. La remise en cause de la filière par l'interdiction de planter du bambou semble aller à l'encontre des nombreux intérêts mais on peut penser que ces dispositions pourront évoluer, que Mayotte pourra participer au mouvement de valorisation du bambou et que les efforts des acteurs locaux seront pris en compte.

Dans tous les cas, l'abondance de la ressource et les besoins en matière de construction confortent la nécessité de déployer des filières de matériaux de construction biosourcées locales.