



Rapport Projet “REBOA”



REcyclage BOis dans les Antilles



Valdelia
Le recyclage au service des professionnels



SOMMAIRE

1.	Phase 1 : Etat des lieux du bois déchet à la Guadeloupe	6
1.1	Contexte général	6
1.2	Définition du bois déchet.....	7
1.3	Gisement de bois déchets.....	8
1.3.1	Généralités.....	8
1.3.2	Encombrants et mobiliers	9
1.3.3	BTP.....	10
1.3.4	Emballages	11
1.3.5	Industrie du bois	12
1.4	Acteurs et structures.....	14
1.4.1	Collecte	14
1.4.2	Traitement	15
1.4.3	Équipements.....	16
1.5	Analyse et bilan.....	17
1.5.1	Bilan	17
2	Phase 2 : Étude des débouchés pour le matériau bois composite.....	19
2.1	Bois composite extrudé	20
2.1.1	Habitat et construction	21
2.1.1.1	Terrasse	24
2.1.1.2	Bardage	27
2.1.1.3	Clôtures et gardes corps	30
2.1.1.4	Autres applications	32
2.1.2	Équipements extérieurs et collectifs	34
2.1.2.1	Constructions et mobiliers urbains	34

2.1.2.2	Équipements des parcs nationaux.....	36
2.1.3	Équipements extérieurs des particuliers.....	39
2.1.3.1	Composteurs.....	39
2.1.3.2	Équipement de jardins.....	42
2.2	Bois composite rotomoulé.....	48
2.2.1	Eau et assainissement.....	49
2.2.2	Collecte et gestion des déchets.....	50
2.3	Bois composite dans le secteur de l'impression 3D.....	52
2.3.1	Contexte général.....	52
2.3.2	Technologies d'impression.....	52
2.3.2.1	Stéréolithographie (SLA).....	52
2.3.2.2	Frittage sélectif par laser (SLS).....	53
2.3.2.3	Dépôt de fil (FDM ou FFF).....	54
2.3.2.4	Comparatif des technologie d'impression 3D.....	55
2.3.3	Matériaux.....	56
2.3.3.1	Dépôt de fil fondu.....	56
2.3.3.2	Frittage sélectif par laser (SLS).....	57
2.3.3.3	Stéréolithographie (SLA).....	57
2.3.4	Utilisation du bois composite par dépôt de fil.....	57
2.3.4.1	Filament à base de bois.....	57
2.3.4.2	Extrusion de filament.....	58
2.3.4.3	Focus Precious plastic.....	59
2.3.4.4	Impression du filament en bois composite.....	60
2.3.5	Expérimentation filament de bois composite à partir du gisement Valdelia.....	63
2.4	Bilan et analyse.....	65

3	Phase 3 : Faisabilité technico-économique d'une filière antillaise de fabrication de bois composite.....	68
3.1	Caractéristiques des bois composites.....	68
3.2	Approche d'une ligne de production (machines, implantation...)	73
3.3	Budget estimatif d'une installation (CAPEX).....	77
4	Synthèse et conclusion (confidentiel Valdélia).....	78
4.1	Ecosystème et réseau de partenaires potentiel	78
4.1.1	Appui des institutions locales	78
4.1.1.1	Acteurs régionaux.....	78
4.1.1.2	Acteurs locaux.....	78
4.1.2	Préparation de la matière	79
4.1.3	Production de bois composite	79
4.1.4	Utilisation de bois composite.....	80
4.2	Potentiel d'une filière industrielle.....	81
	Annexes.....	83

Introduction

La principale filière de recyclage du bois est la fabrication de panneaux de particules. Sur le territoire des Antilles la mise en place d'unité de production de panneaux n'est économiquement pas envisageable. Pour répondre au défi du recyclage matière du bois issu des meubles professionnels et produire un matériau qui soit lui-même recyclable, le cluster CIME a étudié la possibilité de mettre en place une filière de recyclage du bois pour la Guadeloupe par fabrication de bois composite ou bois plastique (WPC en Anglais).

La Guadeloupe a été choisie pour son contexte insulaire et sa position centrale qui pourra favoriser la dissémination du projet ou des produits résultant du recyclage du bois dans les Antilles.

La présente étude souhaite apporter des éléments technico-économiques d'aide à la décision sur la création d'une filière « bois composite » pour répondre, tant à l'utilisation de bois de recyclage, qu'à la demande en matériaux simples et adaptés aux conditions climatiques du territoire.

L'étude se décompose en trois phases :

- L'état des lieux du bois déchet à la Guadeloupe
- L'étude locale des débouchés pour le matériau bois composite
- La faisabilité technico-économique d'une filière antillaise de fabrication de bois composite

Elle a été réalisée au premier semestre 2018. Elle est basée sur un travail de terrain ainsi qu'une consultation d'un grand nombre d'acteurs locaux.

1. Phase 1 : État des lieux du bois déchet à la Guadeloupe

1.1 Contexte général

La Guadeloupe, département français, est une île des Antilles composée :

- D'un territoire de plaine relativement aride - La Grande Terre
- D'un territoire volcanique au climat tropical - La Basse Terre
- De plusieurs îles "satellites" de taille modeste (Marie-Galante, La Désirade...)

La majorité de l'activité économique de l'île est centralisée dans la ZI de Jarry sur la commune de Baie-Mahault (3e ZI de France en superficie). Le reste du territoire est relativement rural à l'exception de quelques centres touristiques.

La population de l'île est d'environ 400 000 habitants. Elle est en décroissance à cause d'un solde naturel qui ne compense plus le solde migratoire déficitaire. La pyramide des âges montre notamment un déficit de jeunes adultes sur l'île¹.

Les déchets à la Guadeloupe sont un enjeu important pour le territoire. Lorsqu'ils ne sont pas valorisés, ils sont enfouis dans un des deux ISDND encore en fonctionnement. Une grande partie des déchets valorisables est exportée vers l'Europe ou vers les territoires voisins.

Depuis l'abandon du projet de plateforme multifilière, aucun projet structurant pour la filière déchets n'a été identifié.

¹ <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2872512>

1.2 Définition du bois déchet

Dans cette étude, nous avons considéré le bois déchet tel que défini dans le tableau ci-dessous :

DÉCHETS BOIS	Déchets de bois récupérables provenant de produits en fin de vie ou de déchets industriels ; il s'agit de l'amont du tri
<u>Classe A</u> <i>(Classement usuel français)</i>	Biomasse à l'état naturel, ni imprégnée, ni revêtue d'une substance quelconque : morceaux de bois bruts, d'écorces, de bois déchiquetés, de sciures, de poussières de ponçage ou de chutes issues de l'industrie du bois, de sa transformation ou de son artisanat, déchets d'emballages en bois non revêtus, non traités ou déchets de bois provenant de palettes (bénéficiant de la sortie de statut de déchet)
<u>Classe B</u> <i>(Classement usuel français)</i>	Déchets de bois non dangereux faiblement adjuvantés ou autres matières ; bois collés, bois ayant reçu un traitement en surface (préservation, finition) ou un revêtement (papier peint, papier mélaminé, polypropylène...)
<u>Classe C</u> <i>(Classement usuel français)</i>	Déchets de bois dangereux provenant de produits traités à la créosote (traverses de chemin de fer, des poteaux téléphoniques...) ou autoclavés et imprégnés de sels métalliques tel que le CCA (écrans acoustiques, piquets de vigne et d'arboriculture...) ou bois traités avec des produits organochlorés.

Dans cette étude, seuls les bois de classe B sont pris en compte. Les bois de classe A bénéficient de filières spécifiques (compostage ou énergie). Le bois de classe C n'est pas valorisable en recyclage matière. Il doit être traité dans des installations adaptées (par exemple : incinérateur).

1.3 Gisement de bois déchets

1.3.1 Généralités

Le Plan Départemental d'Elimination des Déchets Ménagers et Assimilés (PDEDMA - 2008) estime le gisement de déchets bois à 54 000 tonnes/an (chiffres 2005), entre 2 500 et 4 000 tonnes de ce gisement seraient classées en classe C. Le rapport prévoit une croissance de ce gisement. Il estime qu'il passera les 60 000 tonnes/an en 2015.

L'observatoire des déchets de la Guadeloupe recense la quantité de déchets entrant dans les centres de traitement de l'île. Le tableau ci-après recense les catégories contenant une part significative de bois B.

Type de déchets (tonnes)	2012	2013	2014	2015	2016
Encombrants/mobiliers	78 414	54 909	44 488	45 824	43 024
Autres déchets industriels	31 637	30 042	28 595	37 435	25 136
Déchets d'activités économiques (DAE)	12 729	13 651	14 575	16 379	25 695
Bois et sous-produits	1 847	3 786	3 502	3 009	3 726

L'ADEME (étude FCBA 2015) considère que les déchets bois en France proviennent :

- Du BTP – 37 %
- Des ménages et collectivités - 35 %
- De l'industrie – 23 %

Le négoce, le tertiaire et l'artisanat produisent les 5 % résiduels. Il n'y a pas d'étude spécifique sur le gisement de bois déchets dans les DOM TOM. Les acteurs du terrain considèrent que les ratios de 2015 sont valables en Guadeloupe.

1.3.2 Encombrants et mobiliers

Le gisement de déchets provenant du mobilier est proportionnellement plus important à la Guadeloupe par rapport à la métropole. En effet, les produits ont généralement une durée de vie moins longue à cause du climat tropical.



Exemple de dépôt et de benne d'encombrant

Le gisement d'encombrant en Guadeloupe est d'environ 40 000 tonnes par an. Il est composé a minima de 20 % de bois valorisable (estimation prudente).

Le mobilier des particuliers entre dans la catégorie « encombrants des ménages ». Historiquement, la collecte de ces déchets se fait en « porte à porte ». Les usagers regroupent les déchets sur la voie publique. Un camion du syndicat de collecte nettoie le site régulièrement. Aucune valorisation n'est possible sur ce type de collecte.

Avec l'amélioration des équipements, la collecte en déchèteries des encombrants prend de l'ampleur. La benne « encombrants » ou « tout-venant » contient l'ensemble du bois B collecté en déchèteries.

Cette benne est évacuée vers un des deux ISDND de l'île. Elle n'est pas triée ni valorisée. Un tri à la source de cette benne serait nécessaire pour en valoriser le contenu.

Le mobilier professionnel est collecté par l'entreprise - SNR – unique prestataire Valdélia de l'île. Cela dit, les tonnages effectivement collectés sont en dessous du gisement. On suppose que la majorité du mobilier professionnel rejoint la filière générale des encombrants.

Conclusions

- Le mobilier (en général) a vocation à être collecté en déchetteries dans la benne « encombrants ». Il n'est pas valorisé. Seul le mobilier professionnel bénéficie d'une collecte spécifique.
- Le bois pourrait facilement être collecté par la mise en place d'un tri à la source en déchetteries (Benches spécifiques dans les déchetteries).
- Les consignes de collecte devront toutefois être précisées. Le mobilier est, en général, composé de plusieurs matières liées. Un tri après collecte sera nécessaire.

On estime que 8 000 tonnes de bois B peuvent facilement être collectées par la mise en place d'équipements spécifiques.

1.3.3 BTP

Le BTP en Guadeloupe occupe une position importante dans l'économie du département. Il génère un chiffre d'affaires moyen annuel de l'ordre de 1,3 milliards d'euros et contribue à plus de 10 % de la valeur ajoutée brute produite.

Le Plan de Gestion Départemental des Déchets du BTP (2008) mentionne trois catégories de déchets produits par la filière et contenant du bois :

- Déchet Non Dangereux (DND) : Copeaux, chutes, panneaux de particules et placages non traités (code 17 01 02)
- Déchets d'Emballages Industriels et Commerciaux (DEIC) : Palettes consignées ou non (code 15 01 03)
- Déchet Dangereux (DD) : Bois traités, peints, vernis ; bois de charpente, port et mobilier (code 17 02 04)

Aucun équipement de tri du bois issu du BTP n'existe sur le territoire. Aucun recensement du gisement n'a été réalisé. Les déchets diffus (petits chantiers et artisans) sont collectés en déchetteries dans la benne "encombrants" (cf. paragraphe précédent). Sur les chantiers plus importants, une collecte spécifique est mise en place avec des opérateurs privés. Malgré l'obligation de recyclage et de plan de gestion, on peut supposer que le bois issu des chantiers BTP n'est pas trié, il n'est donc pas valorisé.

Conclusions

- Le bois déchet issu du BTP est compliqué à quantifier. Il va varier en fonction de la nature des chantiers. Aucun recensement n'a été réalisé.
- Le plan de gestion oblige les acteurs à organiser les filières de recyclage. Mais les filières ne sont pas structurées.

-
- Le bois déchet issu du BTP peut-être collecté dans des bennes spécifiques. La filière sera similaire à celle du mobilier.

Le bois issu du BTP peut facilement être collecté par la mise en place d'équipements spécifiques sur les chantiers.

1.3.4 Emballages

Trois types de déchets sont à considérer dans le secteur de l'emballage :

- Emballages industriels - caisses de transport longue distance par exemple.
- Palettes non-réutilisables
- Emballages légers en bois à usage unique (caisses de fruits...)

Les acteurs de la collecte et valorisation de palettes sont la Caribéenne de Recyclage et Ecodec. Ils collectent annuellement 3 726 tonnes de palettes non-réutilisables.

La Caribéenne de Recyclage dirige ces déchets vers le site de compostage de Sita Verte (Le Moule).



Site de compostage de Sita Verte

Ecodec produit et commercialise un paillage en copeaux de bois à partir de palettes broyées sous la marque GwadaBwa.



Paillage proposé par Ecodec issu de la valorisation des palettes

On estime donc que la majorité du gisement bénéficie d'une valorisation matière, soit en paillage, soit comme structurant pour du compostage.

La société Karupal, qui réparait les palettes en vue de leur réutilisation, a cessé son activité.

Aucune filière de collecte d'emballage industriel ou d'emballage à usage unique n'a été identifiée. On peut estimer que ces déchets sont intégrés aux encombrants. Ils sont collectés en déchetteries ou en porte à porte.

Conclusions

- La filière de collecte des palettes est en place. Elle doit toutefois être intensifiée en s'appuyant sur les acteurs existants.
- Les acteurs existants pourraient fournir du bois déchet trié. Ce gisement sera toutefois limité.
- Une partie du bois d'emballage sera collectée par la mise en place de bennes spécifiques bois déchets.

Le bois d'emballage ne doit pas être pris en compte dans la filière de bois composite. Il bénéficie d'autres filières de valorisation.

1.3.5 Industrie du bois

Les déchets de l'industrie du bois proviennent des exploitations forestières (branches, écorces...), des industries de transformation (sciures, copeaux, chutes,...). Les bois traités, même non dangereux, ne rentrent pas dans cette catégorie.



Benne bois chez un industriel travaillant le bois

Le tonnage annuel est estimé à 20 % du gisement DIB. Il a été calculé à 54 000 tonnes par an en 2005 (CGAAER - rapport 14063). Il est estimé à 60 000 tonnes par an en 2015.

Seulement quelques centaines de tonnes sont valorisées comme structurant sur les plateformes de compostage. La grande majorité de ce gisement est enfouie.

En l'absence d'une filière bois énergie de capacité importante, les déchets de l'industrie du bois sont mal valorisés. Ils sont pourtant bien triés et faciles à collecter (gisement centralisé et identifié). Il existe toutefois de nombreuses filières potentielles pour la valorisation de ce gisement. L'accessibilité à la ressource pourrait, à moyen terme, se complexifier.

Conclusions

- Les déchets de l'industrie du bois peuvent facilement être collectés (benne spécifique chez les industriels et en déchèteries). Ils sont actuellement enfouis.
- Le gisement global est estimé à 60 000 t/an avec seulement quelques centaines de tonnes valorisées en compostage.

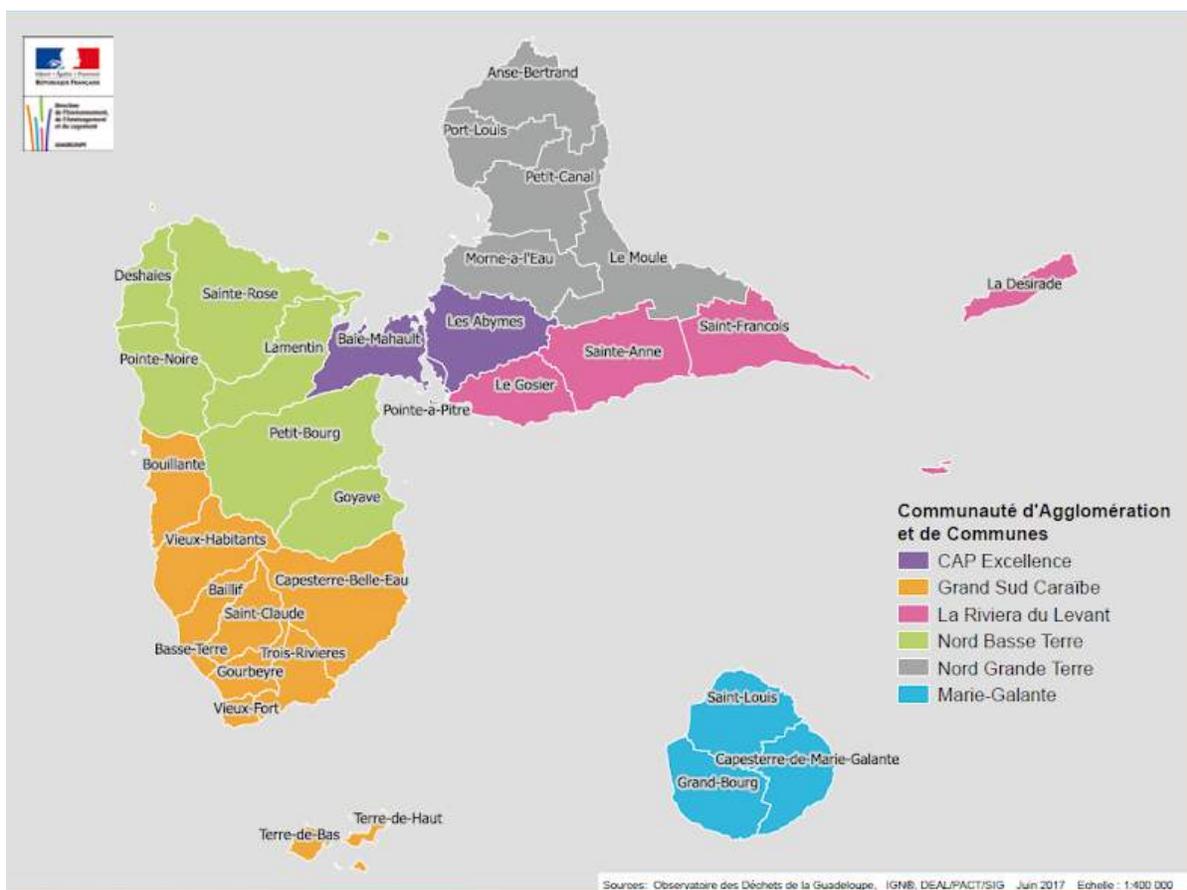
Les déchets de l'industrie du bois représentent un gisement très important et facile à capter. Il faudra toutefois apporter un service de qualité industrielle moins cher que l'enfouissement.

Les prestataires locaux du déchet rencontrés, acteurs de la collecte et du tri, sont potentiellement intéressés, en fonction du prix d'achat de la tonne triée, à avoir une collecte et un tri du déchet bois notamment sur le gisement industriel.

1.4 Acteurs et structures

1.4.1 Collecte

La collecte des ordures ménagères résiduelle (OMR) est assurée par les communautés d'agglomération (5) et la communauté de communes de l'île. La collecte sélective est réalisée en point d'apport volontaire par l'ensemble des acteurs (communautés de commune, d'agglomération et syndicat mixte). Le SYVADE, syndicat de traitement, est également en charge de la collecte sélective en point d'apports volontaires (PAV).



En 2016, il y avait 9 déchetteries et un point de regroupement à la Guadeloupe. Ces équipements ont permis de collecter 21 890 tonnes de déchets. La majorité de ces déchets (47 %) sont des déchets verts et 26 % (5 740 tonnes en 2016) sont des encombrants.

Le plan de gestion des déchets non dangereux prévoit une augmentation de 127 % par rapport à 2013 de la quantité de déchets collectés en déchetteries.

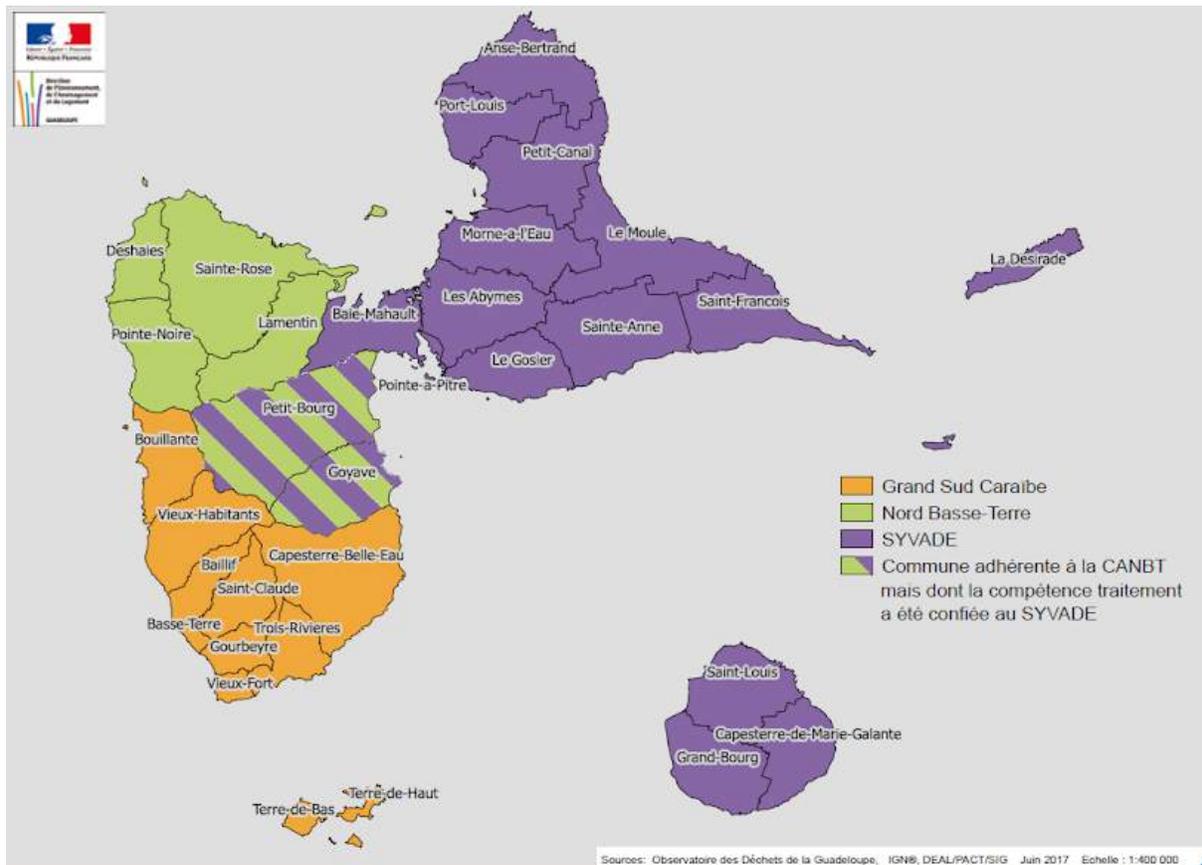
Liste des déchetteries :

- Lamentin
- Le Moule
- Abymes - Edouard BENITO-ESPINAL
- Abymes - Petit-Pérou
- Déchèterie de La Désirade
- Saint-François
- Deshaies
- Capesterre
- Sainte-Anne
- Point de regroupement CCMG

Les collectivités portent de nombreux projets de déchetteries. À terme, l'île devrait compter plus d'une vingtaine de déchetteries. La collecte des encombrants en porte à porte à vocation à être arrêtée.

1.4.2 Traitement

Trois collectivités ont la compétence traitement : Grand-Sud Caraïbe, Nord Basse-Terre et le SYVADE. Les deux Communautés d'Agglomération ont confié le traitement au SYVADE sous la forme d'une Délégation de Service Public. Le SYVADE est donc le seul organisme public à gérer le traitement des OMR (en direct ou en délégation).



Il n'existe pas de filière actuelle de valorisation du bois déchet à la Guadeloupe. Les filières existant localement sont :

- Pneumatique
- PEHD
- Palettes
- Déchets organiques
- Polystyrène
- Déchets verts
- Verre

La Guadeloupe valorise autant de déchets sur son territoire qu'à l'extérieur de celui-ci. Les déchets suivants bénéficient d'une filière de valorisation hors territoire :

- Piles et batteries
- Véhicules hors d'usage
- Ferrailles et métaux
- Lampes
- Déchets électriques et électroniques
- Verre
- Emballages
- Médicaments
- Hydrocarbures et huiles
- Déchets dangereux

En 2016, la Guadeloupe a exporté 40 079 tonnes de déchets, dont 35 761 tonnes classées non-dangereux. (Source : Douanes)

1.4.3 Équipements

La liste exhaustive des équipements de collecte et de traitement des déchets en Guadeloupe est donnée en annexe n° 1. On y décrit :

- 3 quais de transfert terre / terre (+ 2 projets)
- 4 quais de transfert terre / mer (+ 1 projet) - départ et arrivé des déchets.
- 3 sites de broyages de déchets verts (privés)
- 2 centres de tri (mixte et DAE uniquement) (+1 projet)
- 1 plateforme de compostage de déchets verts (+ 4 projets + 1 plateforme non utilisée)
- 2 ISDND (+1 en cours de fermeture)
- 3 projets d'équipements de valorisation

Globalement, la Guadeloupe souffre d'un manque d'équipements à toutes les étapes de la filière. La collecte sélective manque de camions et de PAV. Le nombre de déchetteries doit être doublé. De nombreux projets de collecte, de traitement et de valorisation doivent être mis en œuvre.

De fait, les équipements existants semblent saturés. Une nouvelle filière de valorisation du bois B sous forme de bois composite ne pourra pas s'appuyer sur des équipements

existants. Elle devra être autosuffisante en collecte, transport et traitement. Il faut donc prévoir de développer une nouvelle filière pour le bois.

1.5 Analyse et bilan

1.5.1 Bilan

Catégorie de déchet	Tonnage bois déchet	Filière actuelle	Potentiel bois composite	Action préconisée
Encombrants	8 000 à 10 000 tonnes (20 % des encombrants)	ISDND en mélange (déchetterie et porte à porte)	Fort potentiel / Gisement moyen	Bennes spécifiques en déchetteries
Emballages	3 000 tonnes (hors réutilisation)	Valorisation matière (compostage, paillage...)	Faible potentiel / Gisement faible	Service de collecte auprès des acteurs actuels
BTP		ISDND en mélange	Fort potentiel / Gisement inconnu	Tri à la source sur les chantiers
Déchets de l'industrie du bois	60 000 tonnes / an	ISDND (sauf quelques tonnes en compostage)	Fort potentiel / Gisement important	Tri à la source

Au regard de ce gisement, on estime pouvoir facilement capter 30 000 à 40 000 tonnes de bois déchet par an en installant des bennes spécifiques dans les déchetteries, les chantiers de BTP et les industries du bois. Pour faciliter la collecte, les bennes pourraient

avoir un code couleur spécifique. Un centre de tri sera nécessaire en aval de la collecte au moins pour les bennes des déchetteries.

Le gisement local ne limite pas la possibilité de mise en place d'une unité de production de bois composite à partir de bois déchet à la Guadeloupe.

Par contre, la collecte prendra du bois en mélange. La faisabilité d'une fabrication de bois composite à partir de bois en mélange reste à valider. Les éventuelles variations sur la nature chimique du gisement doivent être étudiées.

2 Phase 2 : Étude des débouchés pour le matériau bois composite

Le bois composite est un matériau intermédiaire entre le bois et le plastique. Il a des caractéristiques mécaniques inférieures aux matériaux conventionnels, mais deux caractéristiques peuvent avoir une valeur ajoutée significative sur le marché :

- Son **imputrescibilité**. Elle lui permet d'être utilisé dans tous les usages où le bois est soumis à des conditions climatiques difficiles. Il pourra par exemple concurrencer l'usage de bois tropicaux (protection des forêts primaires)
- En **remplacement du plastique**, il permet de réduire la consommation de polymères fossiles. Il réduit probablement l'impact environnemental du plastique car il est recyclable (point à vérifier lors de l'ACV)

Le bois composite est déjà sur le marché en France comme en Guadeloupe au travers de différents produits (lames de terrasse, bardage, clôture...).

Les produits en bois composite ont, dans les premières années de production, rencontré d'importants problèmes de gonflement et de dilatation. Depuis la production a résolu ce type de problème mais le bois composite souffre d'un déficit d'image. Il est vu comme un bois de mauvaise qualité. Pour développer le marché, il sera important de présenter le bois composite comme une matière alternative de qualité ayant des caractéristiques physiques et mécaniques permettant de répondre à des usages en extérieur exposé et en intérieur.

Trois produits en bois composite sont envisagés :

- La lame alvéolaire ou pleine obtenue par extrusion
- Le produit fini rotomoulé
- Le filament pour imprimante 3D

Le chapitre suivant présente le marché potentiel de ces trois produits en Guadeloupe.

2.1 Bois composite extrudé

La lame de bois composite (réalisée à partir de farine de bois) est l'utilisation la plus répandue de ce matériau. Intermédiaire entre une planche de bois et une lame de plastique, le bois composite a du mal à se développer en Europe. D'autres marchés (USA, Japon) sont beaucoup plus ouverts, grâce notamment aux propriétés mécaniques du produit.



Pour la Guadeloupe, la lame de bois composite semble être un produit intéressant. Outre la possibilité de proposer un produit plus résistant aux agressions des insectes et des champignons que le bois (milieu tropical, mer...), la lame de bois composite a de nombreuses applications :

- Dans le secteur du bâtiment, elle peut être utilisée en terrasse, en bardage, ou en garde-corps.
- Elle peut aussi être utilisée pour du mobilier de jardin (tables, chaises), des cabanons ou des produits spécifiques (composteurs, abris animaux...)
- Enfin, dans l'aménagement urbain, elle peut être utilisée pour équiper des plages, des sentiers de randonnée.

Par précaution, l'usage du bois composite en tant qu'élément de structure n'est pas envisagé ici. Cette application nécessite un programme de recherche dans le but de mieux connaître les propriétés mécaniques du produit vis-à-vis des exigences de la structure des bâtiments. Elle nécessitera également une validation du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) (avis technique).

D'autres applications de bois composite extrudé (menuiserie) sont décrites dans ce chapitre.

2.1.1 Habitat et construction

Parc existant

Le parc de logement a doublé en 30 ans sur la Guadeloupe. En 2014, l'INSEE annonçait environ 220 000 logements sur le territoire. En 2017 ce chiffre, selon l'exploitation des données INSEE que nous avons faite, serait proche des 225 000 logements.

	1982	1990	1999	2006	2014
Evolution du parc de logement en Guadeloupe	102453	120698	161914	189748	220069

Exploitation Alterinnov sur la base des données "Enquête Logement 2013" & RP2014 (géographie au 01/01/2016), Insee

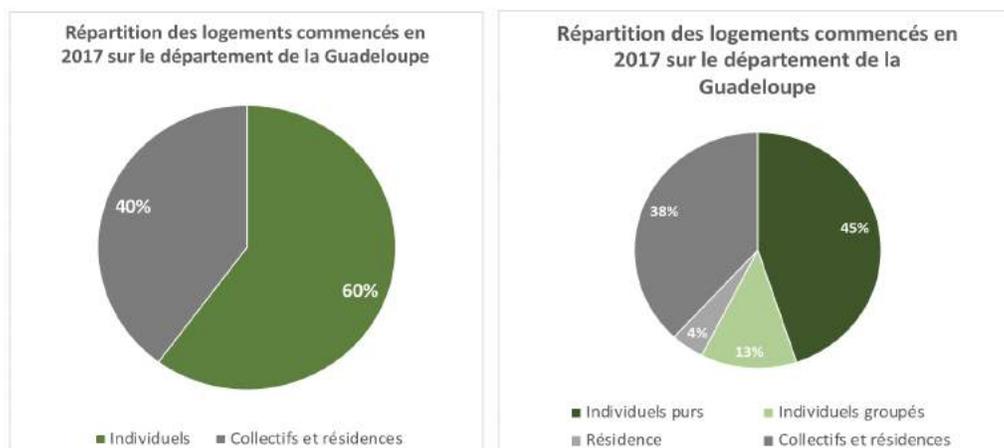
Le parc existant en 2014 est composé à presque 75 % de maisons et 25 % d'appartements.

	2014	%
Résidences principales	170 428	77,4
Résidences secondaires et logements occasionnels	16 232	7,4
Logements vacants	33 409	15,2
Ensemble	220 069	100
Maisons		75,0
Appartements		25,0

Source : RP2014 (géographie au 01/01/2016) exploitations principales, Insee

Logements nouveaux

En 2017, le secteur de la construction en Guadeloupe représentait 1 828 nouveaux logements commencés répartis comme ainsi :



Exploitation Alterinnov sur la base des données Sit@del2, Insee données détaillées sur les logements commencés en Guadeloupe

Les nouvelles constructions sont plus orientées vers le logement collectif (40 %) en rapport avec le parc existant (25 %)

Le nombre de constructions, en moyenne depuis 10 ans, est nettement inférieur à celui du début des années 2000, qui a atteint jusqu'à 3 916 nouveaux logements en 2003.

Année	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000
Total nombre de logements commencés en Guadeloupe	1 828	1 980	1 647	1 914	1 988	2 106	2 008	1 557	1 602	2 241	2 436	2 439	2 403	2 982	3 916	3 306	3 801	3 490
Différence par rapport à la moyenne 2017-2000	-25%	-18%	-32%	-21%	-18%	-13%	-17%	-36%	-34%	-8%	0%	1%	-1%	23%	62%	36%	57%	44%
Différence par rapport à la moyenne 2017-2007	-6%	2%	-15%	-1%	3%	9%	4%	-20%	-17%	16%	26%							
Différence par rapport à l'année précédente	-8%	20%	-14%	-4%	-6%	5%	29%	-3%	-29%	-8%	0%	1%	-19%	-24%	18%	-13%	9%	

Exploitation Alterinnov sur la base des données Sit@del2, Insee données détaillées sur les logements commencés en Guadeloupe

Le nombre de nouveaux logements depuis 5 ans est plutôt stable malgré une baisse en 2015. En moyenne sur les 5 dernières années ce sont 1 872 nouveaux logements par an dont 1 084 logements individuels :

	2013	2014	2015	2016	2017	Moyenne sur les 5 dernières années
Individuels purs	861	774	737	799	858	806
Individuels groupés	441	308	142	259	241	278
Individuels	1302	1082	879	1058	1099	1084
Collectifs	681	688	734	917	646	733
Résidence	5	144	34	6	83	54
Collectifs et résidences	686	832	768	923	729	788
Total nombre de logements	1988	1914	1647	1981	1828	1872

Exploitation Alterinnov sur la base des données Sit@del2, Insee données détaillées sur les logements commencés en Guadeloupe

Les surfaces moyennes des logements en Guadeloupe sont les suivantes :

	Surface moyenne en m2	Surface moyenne incluant terrasses et vérandas en m2
Logement individuel	90	98
Logement collectif	67	69

"Enquête Logement 2013", Insee

Le marché de la construction individuel est dominé par des acteurs de petite et moyenne taille moyenne :

- Maison 60 jours construisent 70 maisons par an
- Maison Kéops, 60 maisons par an
- Villarchipel, 30 maisons par an
- Autres acteurs : Colibri Construction (10 maisons)



2.1.1.1 Terrasse

État des lieux de la situation actuelle

38 % des logements individuels et 19 % des logements collectifs ont une terrasse en Guadeloupe.

En moyenne chaque année, ce sont donc environ 8 650 m² de terrasse qui sont construits dans des logements individuels et 1 650 m² dans des logements collectifs soit un total d'environ 10 300 m².

Dans le parc existant de logements en Guadeloupe, on compte 1 317 000 m² de terrasse dans les habitats individuels et 115 000 m² dans les habitats collectifs soit un total de plus de 1 400 000 m².

	Données sur les terrasses		Parc existant			Logements nouveaux chaque année		
	% de logement possédant une terrasse ou vérandas en Guadeloupe	Surface moyenne de la terrasse (en m ²)	Nombre de logements existants en 2014 (en %)	Nombre moyen de logements du parc avec terrasse	Surface totale de terrasse pour le parc existant de 2014 (en m ²)	Répartition des logements nouveaux (sur la base des 5 dernières années)	Nombre moyen de logements nouveaux par an avec terrasse (sur la base des 5 dernières années)	Surface totale de terrasse chaque année (en m ²)
Individuels	38%	21	75,0	62720	1317113	58%	412	8650
Collectifs et résidences	19%	11	25,0	10453	114986	42%	150	1646
Total			220069	73173	1432099		562	10296

Exploitation Alterinnov sur la base des données, Insee

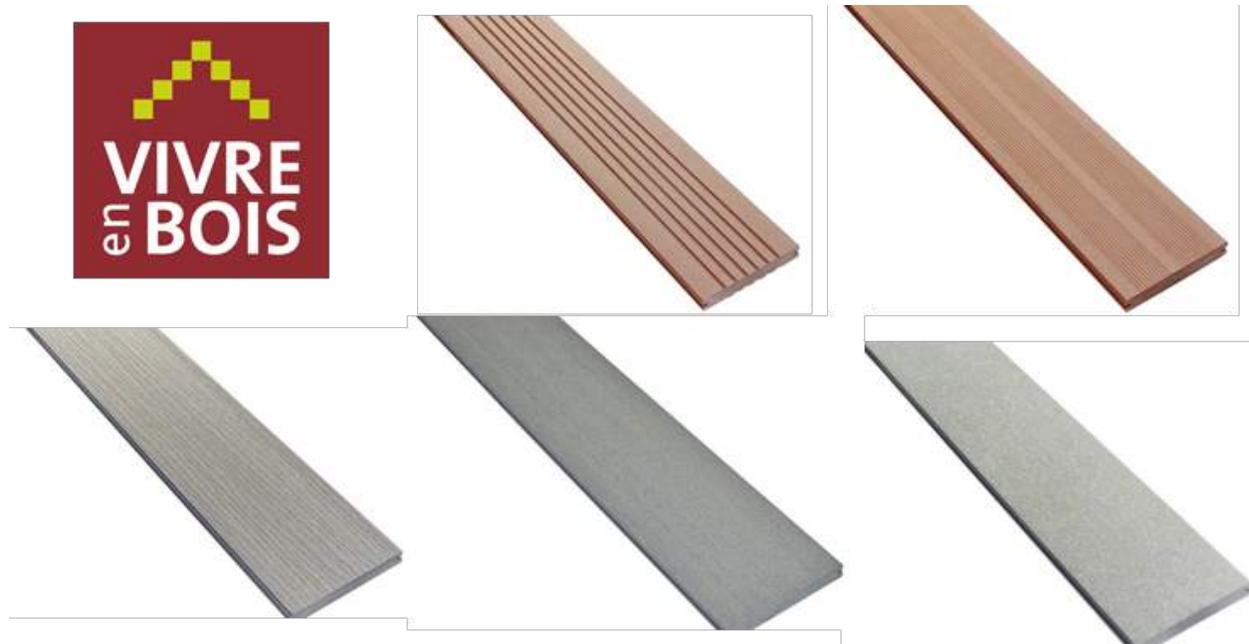
Les terrasses proposées sur le marché sont principalement en bois de classe 4 traité en autoclave ou bois exotique et en bois composite.



Exemple de lames de terrasse en bois traité, en Cumaru et en bois composite

Les lames de terrasse en bois traité sont entre 20 et 40€ le m². Les lames de bois exotiques sont entre 40 et 80€ selon l'essence : cumaru sont à 40€ le m², tatajuba 60€/m², IPE 60 ou 80/m².

La société "Vivre en Bois" (PiveteauBois) propose dans son antenne guadeloupéenne : cinq modèles autour de 70-90€/m²; deux tailles de lames sont proposées 145mmx4mx22mm ou 165mmx4mx21mm.



5 références de lames de terrasse proposées par Vivre en Bois en Guadeloupe



Fabrication bois composite par PiveteauBois (Sylneo)

L'entité Weldom distribue également des lames de bois composite pour la terrasse



Les terrasses en bois composite peuvent aussi être constituées par l'assemblage de dalles de bois composite.



Exemple de terrasse composite format dalle

Les terrasses se fixent sur des lambourdes qui sont généralement en bois traité (2 à 4 € le mètre linéaire).

Il existe des modèles de lambourdes en bois exotique et bois composite (4 à 10 € le mètre linéaire). Il existe plusieurs tailles de lambourdes, on trouve généralement du 40x60 ou 40x75 mm. Il faut en moyenne 2,6 m linéaires² de lambourde par m² de terrasse

L'usage pour cette application du bois composite, qui est imputrescible, est intéressant dans le cadre du climat guadeloupéen.

D'autres matériaux minéraux existent pour les terrasses : pierre, grès cérame, dalle, béton.

La lambourde bois composite peut être l'élément de base pour des terrasses en lames en bois. Ceci peut convenir aux consommateurs attachés à un extérieur bois naturel. La lambourde bois composite directement au contact du sol permettra de limiter la dégradation des lames.

² Estimation faite sur plusieurs simulateurs de terrasse



Lambourdes bois traité, bois exotique et bois composite

Potentiel en Guadeloupe

Les lames de terrasse en bois composite pourraient être une option pour les terrasses plutôt en habitat individuel :

- pour les 1 317 000 m² de terrasses existantes soit 3 424 200 m linéaires de lambourde
- ou les 8 650 m² de terrasses construites chaque année soit 22 490 m linéaires de lambourde

2.1.1.2 Bardage

État des lieux de la situation actuelle

Les matériaux les plus utilisés pour réaliser le bardage d'un habitat individuel ou collectif dans la situation climatique guadeloupéenne sont :

- Bois massif traité (80 %)
- Bois tropicaux (5-10 %)
- Ciment composite (environ 5 %)
- Bois composite (très peu)
- PVC (très peu)
- Autres matériaux : pierre, métal, ardoise (très peu)

Les **bardages en PVC**, sont une solution économique, il est en moyenne à 20-30 €/m². Ils ont une durabilité plus faible que les autres matériaux, ils deviennent plus rigides, cassants et de moins en moins résistants au fil du temps. Leur durée de vie moyenne est de 5 à 10 ans.



Exemple de bardage PVC

Les **bardages en bois composite** existent et sont une possibilité pertinente pour le climat guadeloupéen. Ce matériau plaît aux consommateurs pour sa facilité d'entretien. Ce bardage est en Guadeloupe au prix 60-80 €/m².



Exemple de bardage Bois Composite (à droite produit Vivre en Bois et à gauche produit Werzalit)

L'habillage extérieur en bois composite peut être fait sous forme de panneau de façade, les panneaux les plus vendus sont les panneaux Trespa® Meteon®.



Panneau de façade en bois composite

Les **bardages en ciment composite** sont composés de ciment, sable, fibre de bois, eau et additifs. Ils peuvent également venir en seconde peau pour les bâtiments également en béton. Il faut compter 50-60 €/m² pour le marché Guadeloupéen. Ces bardages viennent concurrencer les bardages bois composite qui sont en moyenne 20-25 % plus cher (cout de l'importation).

Ils peuvent être peints ou teintés dans la masse selon les marques. Pour les modèles peints il convient de refaire la peinture au bout de 15 ans. Les fabricants annoncent une durée de vie de plusieurs dizaines d'années. Les deux leaders du marché sont James Hardie (HardiePlank) et Eternit (Cedral). Le faible entretien de ces bardages est un argument qui séduit les consommateurs.



Exemple de bardage ciment composite (à droite produit Eternit et à gauche produit HardiePlank)

Les **bardages en bois** utilisés en Guadeloupe pour résister aux conditions climatiques sont généralement en **pin traité**, pour atteindre une classe IV, ou naturellement de classe IV comme les **bois exotiques** (par exemple: Cumaru, Ipé, Garapa...). Il faut compter 80 €/m² pour le marché Guadeloupéen pour les bois exotiques et un minimum de 60 €/m² pour le bois traité.

Les bardages bois nécessitent un entretien après quelques années et ont une durée de vie, avec un entretien régulier, de 15 à 20 ans.

Potentiel en Guadeloupe

Sur la base de maisons individuelles d'une surface moyenne de 90 m², la surface moyenne de bardage³ pour un logement individuel peut être estimée à 95m².

³ Estimation faite sur la base d'une surface moyenne par maison individuel : 90m² et surface vitrée 17% (RT 2012)

2.1.1.3 Clôtures et garde-corps

État des lieux de la situation actuelle

Plusieurs solutions peuvent être installées pour délimiter son terrain ou une zone et se protéger du voisinage : grillage métal, canisse à dérouler, clôture végétale, mur béton, panneaux entiers à poser ou des lames à emboîter.

Le grillage métal est largement utilisé car très bon marché. Ensuite les délimitations en béton sont courantes également pour leur côté économique. Enfin le bois peut être utilisé mais il est généralement mis au-dessus d'un muret béton.

Pour les clôtures, en panneau comme en lame, la situation est identique aux terrasses et aux bardages, si l'on souhaite mettre du bois, il faut un bois traité de classe 4 ou un bois exotique pour éviter une détérioration suite à la forte humidité entraînant l'apparition de pourritures ou de dégradations par les insectes.

Généralement les lames ont une longueur de 180 cm et les panneaux font 180*180 cm.

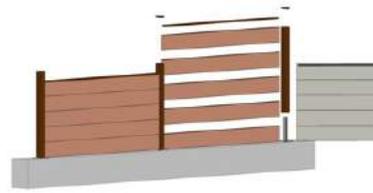
Il faut compter autour de 100 et 200 € pour un panneau en bois traité de classe 4.

L'aluminium pour cet usage existe, ce matériau présente une bonne résistance aux conditions climatiques, demande peu d'entretien mais les tarifs sont cependant plus élevés (environ 300 € un panneau de 180*180 cm).



Exemple panneaux bois, panneaux aluminium et lame à emboîter en bois

Le bois composite existe sur le marché pour cette application, ce matériau se positionne entre le bois et l'aluminium (environ 200-250 € pour un panneau de 180 cm). Il est vendu sous forme de lames à emboîter.



Clôtures bois composite proposé par Vivre en bois (Piveteaubois)

La clôture en panneaux ou en lames a besoin d'un support pour être maintenue au sol (poteaux, piquets). Les piquets et supports sont très souvent en acier. Le poteau en bois ou en aluminium. Ils pourraient être envisagés, à l'instar de la lambourde, en bois composite.



L'application pour la fabrication de garde-corps est envisageable, le marché est assez similaire à celui des clôtures avec tout de même une prépondérance pour le métal et l'aluminium.



Exemple de garde-corps en bois composite proposé par Silvadec (cadre en aluminium et assemblage de lames en bois composite)

Potentiel en Guadeloupe

L'usage du bois composite pour cette application est pertinente pour un usage extérieur, le prix sera tout de même supérieur à celui de la clôture bois tout en sachant

que les clôtures bois sont bien moins présentes que les grillages métal et les murs/murets béton pour des questions de coût.

Les lames de bois composite pour la clôture sont donc envisageables mais sur un marché spécifique relativement haut de gamme.

La moyenne des terrains en Guadeloupe est de 1 000 m², généralement 2 à 3 cotés sont clôturés. Le potentiel par maison peut être estimé de 60 à 100 m de clôture.

Un panneau de 180*180 cm demande 10-12 lames en moyenne selon les dimensions de la lame.

2.1.1.4 Autres applications

Menuiseries

L'aluminium pour les menuiseries en Guadeloupe est très développé, car il nécessite peu d'entretien.

Nous n'avons pas identifié de distributeur ou fabricant en France qui propose des menuiseries en bois composite. Certaines entreprises asiatiques proposent des équipements pour la fabrication de profilés de menuiserie en bois composite. Ce matériau pour les menuiseries n'est pas présent sur le marché français.

Des fenêtres aluminium/bois existent mais ce sont l'assemblage de cadres aluminium et cadres bois : un cadre extérieur en aluminium et un cadre intérieur en bois.



Le même principe peut être envisagé en bois composite : un intérieur bois et un extérieur bois composite.

La RT 2012 impose un minimum de 17 % de surface vitrée par rapport à la surface habitable. Soit 15,3 m² pour une maison de 90 m² soit environ 8 à 9 fenêtres et une porte vitrée.

Revêtement intérieur (sol, mur)

Il existe peu de choix pour les revêtements de sol intérieur en bois composite. L'intérêt pour du sol intérieur reste limité, le sol intérieur n'étant pas soumis aux conditions extérieures. Les matériaux traditionnellement utilisés apportent donc une réponse satisfaisante. Une ouverture pourrait être envisagée pour la salle de bains.

Toiture

La toiture en bois composite est une application peu développée. Il y a peu de produits disponibles sur ce marché. La toiture en bois composite peut être envisagée pour des abris d'appoint ou de l'habitation.

Dans cette application les mêmes panneaux bois composite que ceux utilisés en bardage, sont mis en œuvre. Laurent BEDEL gérant de la société Elbe technologie a eu l'occasion de travailler sur la fabrication de plaques en bois composite.

2.1.2 Équipements extérieurs et collectifs

2.1.2.1 Constructions et mobiliers urbains

Techniquement, ces marchés regroupent un grand nombre d'applications. On citera par exemple :

Enjeu Urbain	Mobilier urbain	<ul style="list-style-type: none"> • Bancs et espaces de repos • Jardinières • Équipement de protection des arbres urbains • Poubelles • Espaces de jeux pour enfants 	 
	Équipement de transports	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêts de bus 	
Enjeu touristique	Équipement des plages	<ul style="list-style-type: none"> • Pontons et sentiers • Carbets • Plateformes de baignade • Tables pique-nique 	 
	Marinas et ports	<ul style="list-style-type: none"> • Pontons de toutes sortes • Passerelles • Ancrages 	 

L'ensemble de ces produits ont plusieurs caractéristiques en commun :

- Ce sont souvent des pièces uniques ou des petites productions
- Ils sont contraints par l'environnement extérieur (vent, pluie, sel, sable...)

Le marché est très dépendant de la commande publique. La plupart des acheteurs sont des collectivités (collectivités locales, région...). Le positionnement sur ces marchés se fait par la réponse aux appels d'offres.

Dans ces applications, le bois composite apporte potentiellement une valeur ajoutée importante. Il peut combiner l'esthétique du bois et la résistance des matières plastiques aux agents biologiques. On peut également y intégrer des caractéristiques à forte valeur ajoutée (antidérapant).

Dans ces applications, le bois composite fabriqué avec des bois déchets entre en concurrence avec le bois massif, avec le bois composite classique et la tuile PP. Sur plusieurs produits, pour être compétitif, le bois composite doit se positionner comme une alternative à la tuile PP (tuile en polypropylène).



Exemple ponton en tuile PP

	Avantages concurrentiels	Inconvénients
Bois massif	Esthétique et qualitatif	Vieillessement, poids
Bois composite (si produit mature)	Résistance Production locale	Poids Prix
Tuile PP	Prix (15 % moins cher que le bois composite)	

État des lieux de la situation actuelle

Les acteurs industriels interrogés préfèrent réduire la part de fabrication in situ. Les produits sont conçus et préfabriqués dans des sites de production centralisés. Les pièces sont uniquement assemblées sur site.

À titre d'exemple, l'entreprise PORALU Marine équipe des marinas et des ports partout dans le monde. Ils utilisent un bois composite validé par des tests internes de vieillissement. Les produits installés par PORALU Marine aux Antilles sont produits en France et assemblés sur place. Ce mode de fonctionnement est, pour l'entreprise, le seul moyen de respecter ses exigences sur la qualité de son produit.

Les fournisseurs d'équipements doivent toutefois répondre aux cahiers des charges émis par les donneurs d'ordres. L'entrée sur ce marché doit se faire par les donneurs d'ordres. S'ils valorisent un bois composite local produit à partir de bois déchets, les candidats chercheront à faire des partenariats avec les acteurs locaux.

Projet Ocean est porté par la région Guadeloupe. Il vise à accompagner les collectivités locales dans l'aménagement des plages. 6 plages pilotes ont été équipées en 2015. 80 plages ont été référencées pour équipement dans le cadre du plan.

Potentiel en Guadeloupe

Le potentiel en Guadeloupe ne peut être pas être quantifié dans le cadre de cette étude. Les produits sont trop divers. Le potentiel du produit est très important à condition :

- De concevoir un produit garanti 10 ans.
- De répondre techniquement aux questions et attentes des acteurs du marché (risque de chauffe, de reprise d'eau)
- D'obtenir le soutien des donneurs d'ordres (cahiers de charges valorisant le bois composite issu de bois déchet)

Les acteurs Guadeloupéen sont tous des acteurs mondiaux. Des références en Guadeloupe peuvent rapidement être diffusées sur d'autres marchés.

2.1.2.2 Équipements des parcs nationaux

État des lieux de la situation actuelle

La randonnée est un enjeu majeur pour l'économie du territoire du fait de son attrait touristique. Les sentiers doivent permettre au plus grand nombre d'avoir un accès à la nature merveilleuse de l'île et de pratiquer la randonnée dans des conditions correctes

et de bonne sécurité. La qualité du site www.randoguadeloupe.gp montre bien l'importance de cette activité. Il permet d'estimer rapidement la taille du marché.



La randonnée en milieu tropical nécessite des aménagements importants. Les sentiers se dégradent rapidement par :

- La pourriture du bois
- Les accidents fréquents (chute d'arbre, petites coulées de boues...)
- Gros phénomènes climatiques (tempête ou ouragan)

La difficulté pour les gestionnaires de sentiers (Parc National de Guadeloupe par exemple) est d'assurer un entretien régulier tout en pouvant répondre efficacement à un phénomène exceptionnel.

Actuellement les sentiers des parcs nationaux sont aménagés avec des éléments bois rouges provenant d'Asie du Sud Est. Le Parc distingue deux types d'aménagements : les sentiers complètement créés et les sentiers viabilisés.



Exemples d'aménagements de sentiers chutes de Carbet

Le recours au bois rouge pour ces aménagements a plusieurs inconvénients :

- Il est d'origine tropicale – ressource surexploitée
- Soit il est traité (cuivre, cyanure) et sa dégradation polluera l'environnement, soit il doit être remplacé tous les 5 ans (source : Parc National de Guadeloupe).
- Humide, il devient glissant. Pourri, il peut rompre. Il peut être dangereux pour les randonneurs ;



Exemples de dégradation des sentiers (Grillage antidérapant dangereux garde-corps dégradé)

Les deux acteurs majeurs du marché local sont le Parc National de Guadeloupe et l'Office National des Forêts. Ils fonctionnent tous deux par appel d'offres public. Si les cahiers des charges sont ouverts au bois composite, le potentiel est probablement important.

Pour se positionner sur ce marché avec du bois composite, les points suivants devront être abordés :

- Montrer la meilleure résistance aux conditions tropicales
- Développer une gamme complète (planches, garde-corps, rondins, pontons, marches d'escalier...)
- Créer de la valeur ajoutée technique (produit antidérapant dans la masse par exemple)

Le bois composite doit démontrer sa valeur ajoutée par rapport au bois rouge sur les plans techniques, économiques et environnementaux.

Le prix du bois rouge est d'environ 800 €/m². Ce coût permet d'imaginer un bois composite de très bonne qualité à un prix inférieur au bois tropical.

Potentiel en Guadeloupe

On considère que la construction d'un kilomètre de sentier nécessite 5 000 lattes.

Pour le platelage, sans les garde-corps, avec des lattes en bois composite de 2 m de long, d'une largeur de 0,165 m, il est possible de mettre 5 lattes par m linéaire de sentier. Ce qui représente, pour des lattes d'épaisseur 22 mm, un volume de 36,3 m³.

2.1.3 Équipements extérieurs des particuliers

2.1.3.1 Composteurs

État des lieux de la situation actuelle

Compostage individuel

Il existe deux matériaux largement répandus pour les composteurs : le bois et le plastique.



Les composteurs bois dans un climat guadeloupéen ont une durée de vie de 2-3 ans maximum contre 6-7 ans en métropole. Il faut compter 25 à 40 € pour les modèles en plastique et 30 à 80 € pour les modèles en bois.

Les modèles classiques de composteur bois (cf. exemple ci-dessus) pourraient être envisagés avec des lames de bois composite pour augmenter la durée de vie de ces composteurs.

Vivre en bois propose un composteur traité de classe 4 à partir de 270 €.



Exemple composteur "Vivre en Bois"

Un seul modèle, relativement sommaire, existe en bois composite sur le marché français à partir de 60 €, le même modèle en bois serait aux alentours de 30-40 €. Le design est relativement simple.

La marque allemande Prewood®⁴ commercialise plusieurs modèles en bois composite plus élaborés et onéreux. Ils ont un positionnement haut de gamme.



Exemple composteur bois composite et composteur Prewood

L'association guadeloupéenne Éducation Populaire Saint Martin de Porres accompagne à la mise en place du compostage de proximité, ils ont essayé sur leur site plusieurs types de composteurs dont des composteurs bois autoconstruits à partir de palettes. Pour rallonger la durée de vie de leurs composteurs, ils les recouvrent d'huile de lin. Ils sont intéressés par le bois composite pour leur construction future.

⁴ <http://www.prewood.eu/>



*Exemple des composteurs sur le site de l'association de Saint Martin de Porres :
plastique, bois autoconstruit (12 mois) et bois autoconstruit (neuf)*

Compostage collectif

Certaines communes ou zones d'activités font le choix d'un compostage collectif via des pavillons de compostage. Ces pavillons sont en bois et permettent de créer un espace dédié, suffisant pour le compostage. Le pavillon permet de regrouper le bac d'apport, le bac de maturation, le stockage du broyat et les outils nécessaires au compostage. Différentes tailles existent 5, 10 et 20 m³.



Aucun pavillon de compostage n'existe en bois composite.

Potentiel en Guadeloupe

Sous l'impulsion de l'Appel à projets « Prévention des déchets en Guadeloupe » lancé en 2016 par l'ADEME et le Conseil Départemental de la Guadeloupe, 10 000 composteurs ont été commandés par trois communautés d'agglomération (sur 6), en 2017 :

- 5 000 pour la CANGT,
- 3 000 pour CAGSC,
- 2 000 pour Cap Excellence

Par exemple, l'EPCI CANGT regroupe de 58 300 habitants et la collectivité vise un taux d'équipement des habitants de 10 %. La CANGT est un territoire rural d'où le nombre important de composteurs commandés. Les 5 000 composteurs seront distribués sur 5 ans à raison de 1 000 par an.

Généralement les PLPD (Plan Local de Prévention des Déchets) ont pour ambition d'équiper en composteurs entre 15 et 30 % de l'habitat pavillonnaire, mais cet objectif est encore rarement atteint. Les Communautés d'Agglomérations les plus performantes atteignent 20 % de taux d'équipement.

Il faut parfois plusieurs années pour arriver au taux d'équipement souhaité. Le nombre d'habitations individuelles étant d'environ 165 000 un taux d'équipement de 20 % des zones pavillonnaires offrirait un potentiel de 33 000 composteurs.

2.1.3.2 Équipement de jardins

État des lieux de la situation actuelle

Les terrains font en moyenne 1 000 m² en Guadeloupe. Le traditionnel jardin créole⁵ est encore présent en Guadeloupe mais auprès d'une population plus âgée, qui possède un espace suffisant.



L'association Saint Martin de Porres⁶ d'éducation populaire, spécialisée dans les activités liées au jardinage, confectionne des composteurs et bacs de jardinage. Elle reçoit beaucoup de demandes de potagers en carré venant des personnes ayant mal au dos, à mobilité réduite et plus largement tout type de public. Selon l'association le potager carré ou en bac séduit de plus en plus et la demande est bien réelle.

Ils souhaitent développer une production locale de bacs de jardin et carrés potager.

⁵ Historiquement le jardin créole est un espace de culture destiné à la nourriture de la famille. Il est un élément incontournable du paysage rural et culturel créole. Ce type d'organisation végétale est le mélange de racines, de céréales, de plantes maraîchères, d'arbustes fruitiers et de plantes condimentaires voire médicinales.

⁶ <http://association-education-populaire.org/>

Bacs de jardin

L'imputrescibilité du bois composite est une propriété intéressante pour des applications de produits au contact avec la terre comme les bacs de jardin. Quelques modèles existent au même prix que les jardinières bois ou autres matériaux, les produits proviennent d'importations asiatiques.



La marque allemande Prewood®⁷ (société Predl GmbH), commercialise un ensemble de bacs et structures pour le jardin. Comme pour les composteurs de cette même marque, la conception est relativement élaborée et le positionnement est haut de gamme.



Exemple de produits Prewood®

Le jardinage hors sol en bac a un potentiel en Guadeloupe pour les zones dont le sol présente une forte contamination par la chlordécone (principalement Sud Basse Terre).

Les lames de bois composite peuvent être assemblées pour créer des carrés potagers. Les carrés sont généralement en kit à assembler. Il est possible de travailler directement avec la lame de bois composite et de construire soi-même son carré.



Exemple carré potager autoconstruit et kit à assembler

⁷ <http://www.preward.eu/>

Salons de jardin

Les salons de jardins (table, chaise et fauteuil) en bois composite sont disponibles sur le marché, les lames de bois composite sont généralement assemblées sur une structure en aluminium.



Exemple de salons de jardin en bois composite

Les produits en bois composite et aluminium sont en moyenne 30 % plus cher que les salons de jardin en bois.

Ces salons en bois composite sont choisis par les consommateurs car ils ont une bonne résistance aux conditions climatiques extérieures et demandent moins d'entretien que le bois.

La société américaine Polywood Inc. propose des meubles extérieurs entièrement en bois composite, le plastique utilisé provient du recyclage des déchets d'emballage. Elle est leader sur le marché américain des meubles d'extérieur en bois composite. La société propose jusqu'à 12 coloris différents pour certains produits.

Les prix sont également en moyenne 30 % supérieurs par rapport aux produits similaires en bois.



Exemple de mobilier POLYWOOD®

Le bois composite dans les salons de jardins en Guadeloupe est peu présent. Ils sont généralement en bois, bois exotiques ou plastiques.

Piscines hors sol et habillage SPA

Une gamme de piscines semi-enterrées et hors sol en bois composite a été développée par Zodiac Piscine (rachat par le groupe allemand Waterman). Les piscines sont livrées en kit et à monter soi-même. Les lames de bois composite sont faites en France par Silvadec et la structure métallique par Arcelor Mittal.



Exemple des piscines Zodiac en bois composite

Les piscines hors sol en métal ou plastique n'ont pas le même rendu esthétique mais seront nettement moins chères. Les produits en bois composite sont davantage comparables aux piscines hors sol en bois. Le bois composite pour cette application permettrait d'améliorer la durabilité dans le climat guadeloupéen. Le prix est au minimum 30 % plus cher que les modèles en bois.

Le bois composite peut être utilisé sur le même principe en habillage pour un SPA hors sol. Le SPA peut être encastré, dans ce cas les lames de bois composite viendront se positionner comme pour les decks de piscine.

Les SPA gonflables sont souvent habillés de bois, le bois composite pourrait être utilisé.



Exemple d'habillage SPA en bois composite, deck pour SPA en bois composite et habillage bois pour SPA gonflable

Abris de jardin

Il existe très peu d'abris de jardin en bois composite sur le marché. Généralement les abris de jardin sont en bois, résine plastique ou métal.



Exemple abris de jardin en WPC, bois, polypropylène et métal

La marque allemande Prewood® propose le produit ThermoBlock, des lames bois composite qui s'emboîtent facilement pour monter des murs pour les constructions extérieures : abris de jardin dépendance, garage, niche... Le produit convie pour toute construction secondaire à autoconstruire.



Produit Thermoblock de Préwood

CONCLUSION – Bois composite extrudé

Le bois composite peut-être envisagé pour de nombreuses applications comme support en raison de son imputrescibilité et le bois peut être laissé en façade pour l'esthétique, plébiscité par le consommateur (lambourde de terrasse, menuiserie...)

Pertinence de l'application et du matériau

Avantages du matériau pour l'application	Inconvénients du matériau pour l'application	Avantages de l'application pour la filière
Faible reprise d'eau	Poids (masse volumique > 1 000 kg/m ³)	Utilisation de recyclage
Imputrescible - bonne résistance aux variations climatiques, aux champignons et insectes (termites)	Accumule la chaleur ; Tendance à chauffer	Fort gisement d'utilisations potentielles
Recyclable	Pose complexe, prendre en compte la dilatation dès la pose	Visibilité / référence
Faible entretien et teinte dans la masse.	Besoin de références / déficit d'image du bois composite.	Utilisation de produit standard (lattes)
Meilleure adhérence, même mouillé. Évite la pose d'un grillage.		

2.2 Bois composite rotomoulé

Le Dr Karim Bourai a, en 2010, soutenu sa thèse à l'Université Laval (Québec) sur le comportement thermique d'un composite bois polymère pour une application en rotomoulage. (Thèse à télécharger [ici](#))

Il montre, dans son rapport, que le marché général du rotomoulage se porte bien. Les principaux axes de recherche du secteur portent sur la maîtrise du changement de phase, sur l'application de polymères thermosensibles, sur la fabrication de pièces multicouches et sur le rotomoulage réactif. La fabrication de composites n'est pas nécessairement un axe de développement dans lequel la filière investit.

L'utilisation de bois composite en rotomoulage est complexe. La matière doit être spécifiquement adaptée aux deux phases du procédé (chauffe et refroidissement). L'idée de passer par une phase de coumpounding par extrusion a été étudiée. Cette idée, techniquement intéressante, génère un surcoût. De plus, la matière produite par extrusion est cisailée, ce qui provoque une baisse des propriétés mécaniques du produit.

Malgré ces contraintes techniques, la revue bibliographique permet de conclure à un intérêt du procédé, au moins sur le plan environnemental. Sur le plan économique l'ajout de bois permet de réduire l'achat de polymères coûteux. L'équilibre est un objectif atteignable.

L'utilisation de bois composite en rotomoulage est donc un véritable sujet d'innovation. L'intérêt environnemental et la valeur ajoutée en termes d'image produit sont évidents. L'intérêt économique est probable. L'enjeu technique est le principal défi. Le recours au bois déchet est un challenge encore plus important. Au regard de ce constat, les applications pour des produits liés à l'environnement semblent particulièrement indiquées.

Bien que toutes les pièces rotomoulées puissent, en théorie être envisagées en bois composite, la principale valeur ajoutée de cette matière est son image (réduction de la consommation de polymères fossiles). Nous avons concentré l'étude sur les produits rotomoulés dans le secteur environnemental :

- Eau et assainissement non collectif
- Collecte des déchets et tri sélectif

Si le bois composite rotomoulé devient économiquement compétitif, d'autres applications peuvent être envisagées comme les piscines, le mobilier extérieur ou les séparateurs de voies.

2.2.1 Eau et assainissement

État des lieux de la situation actuelle

La Guadeloupe est confrontée à un défi important dans la gestion de l'eau. Les usagers se plaignent de coupures d'eau fréquentes et la structure de l'habitat favorise l'assainissement non collectif. Les usagers s'équipent de matériels de stockage d'eau et de fosses septiques

Des sociétés comme Procap ou SIMOP Guadeloupe fabriquent localement des cuves plastiques en rotomoulage. Le marché local est estimé à environ 10 M€ dont 40 % sont des cuves de stockage d'eau potable et 60 % des cuves d'assainissement. La tendance du marché est plutôt haussière. Vu le volume des produits, cette activité a tendance à rester locale.

La société Procap fabrique et commercialise des cuves d'assainissements par filtre coco. Elle exploite, aux Antilles, le brevet canadien Ecoflo.



Conscient du potentiel du bois composite, la société a réalisé quelques essais avec de la bagasse. Elle a embauché 2 ingénieurs pour créer un service R&D.

Potentiel en Guadeloupe

À terme, uniquement pour l'assainissement : 250 t/an. Les autres applications doivent être étudiées lors du programme R&D.

2.2.2 Collecte et gestion des déchets

État des lieux de la situation actuelle

Il existe un grand nombre d'équipements dédiés à la collecte et la gestion des déchets. Ce marché se réinvente en permanence notamment en fonction des différents enjeux sociaux comme :

- La mise en place et la généralisation de la collecte sélective
- L'adaptation des poubelles aux enjeux de sécurité sur la voie publique
- L'amélioration paysagère des zones urbaines

Les pièces rotomoulées apportent des solutions concrètes dans ce secteur. Le container semi-enterré type Molok, le point de collecte PAV ou le bac de collecte OMR sont des exemples d'utilisation très courante de pièces rotomoulées.



Exemple de PAV et bac rotomoulés

Contrairement au marché de l'eau et de l'assainissement individuel, le marché des ordures ménagères est encadré par le code des marchés publics. Un travail de sensibilisation des donneurs d'ordres est nécessaire pour qu'ils intègrent la possibilité (ou l'obligation) d'utiliser du bois composite dans leur cahier des charges.

Potentiel en Guadeloupe

Aucun acteur local présent sur ce segment n'a été identifié en Guadeloupe. Le marché dépend des stratégies et des cahiers des charges des donneurs d'ordres.

La collecte en point d'apport volontaire est un mode de collecte très répandu en Guadeloupe. L'observatoire des déchets montre que seul le nord de Grande Terre, Baie Mahaut, Morne à l'Eau et le Moule ont une part de collecte en porte à porte. Le reste du territoire est, soit équipé uniquement en point d'apport volontaire, soit non-équipé. Le territoire est en cours d'équipement.

Il semble que les bennes qui équipent actuellement le territoire, sont importées (observation de terrain).

La quantité de matière à utiliser dans cet usage ne peut pas être quantifiée. Le marché dépend de la volonté politique des donneurs d'ordres.

CONCLUSION – Bois composite rotomoulé

Avantages du matériau pour l'application	Inconvénients du matériau pour l'application	Avantages de l'application pour la filière	Inconvénients de l'application pour la filière
Améliore l'image du plastique (green)	Caractéristiques techniques à mesurer	Tonnage important et centralisé	Marché au moins-disant
Réduit le coût de la matière première		Nombreux axes de développement	

2.3 Bois composite dans le secteur de l'impression 3D

2.3.1 Contexte général

La fabrication additive ou l'impression 3D consiste à imprimer couche par couche un élément. L'impression 3D nécessite de réaliser, en amont, un dessin 3D sous un format digital grâce à un outil de Conception Assisté par Ordinateur (CAO). Le dessin est ensuite traité par le logiciel spécifique de l'imprimante.

En parallèle du développement des imprimantes 3D, le mouvement des "makers" s'est amplifié, les makers souhaitent favoriser le développement de nouvelles technologies en libre accès, en "opensource" avec pour ambition le faire soi-même de manière collaborative et communautaire.

Ce mouvement participe activement au déploiement de « fablab » (fabrication laboratory) dont l'impression 3D est un élément central. La première initiative apparaît en 2009 avec Artilect à Toulouse.

2.3.2 Technologies d'impression

2.3.2.1 Stéréolithographie (SLA)

La première technologie à être commercialisée en 1986 est basée sur le principe de stéréolithographie. La stéréolithographie (SLA) est un procédé d'impression 3D qui utilise un réservoir rempli de photopolymères liquides qui seront solidifiés à l'aide d'une lumière UV. Un objet peut être imprimé en 3D en étant déplacé de bas en haut (ou inversement) afin de créer de l'espace pour les polymères non solidifiés dans le fond du réservoir. Ces polymères non solidifiés formeront la prochaine couche de l'objet.



Les pièces fabriquées à l'aide de ce procédé ne sont pas aussi résistantes que celles réalisées en SLS ou FDM (cf ci-après). En revanche, le rendu des détails est meilleur et

plus précis, et l'aspect de la surface plus lisse. Le SLA est utilisé pour la réalisation de pièces d'art très détaillées, de prototypes non fonctionnels et peut également être employé pour la création de moules dans le but de faire de la fonte (fonte à cire perdue notamment).

2.3.2.2 Frittage sélectif par laser (SLS)

Au milieu des années quatre-vingt, la technologie de frittage sélectif par laser apparaît également. Cette technologie est proche de la stéréolithographie mais ce sont des matières sous forme de poudre (polystyrène, le verre, le nylon, métaux) qui remplace la cuve de polymère liquide.



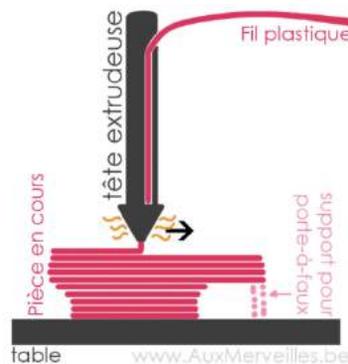
Comparé aux autres méthodes de fabrication additive telles que la stéréolithographie (SLA) et le dépôt de fil/filament fondu (FDM- FFF), le SLS ne nécessite pas de structure support : la poudre agit elle-même comme un support. Cela permet de construire des modèles aux géométries complexes et imbriquées.

Un projet de frittage de poudre de bois a été lancé en 2015 par la société de service d'impression 3D, Materialise via son site pour les particuliers i.materialise. Mais cette matière était en test et n'a pas été gardée par la société.



2.3.2.3 Dépôt de fil (FDM ou FFF)

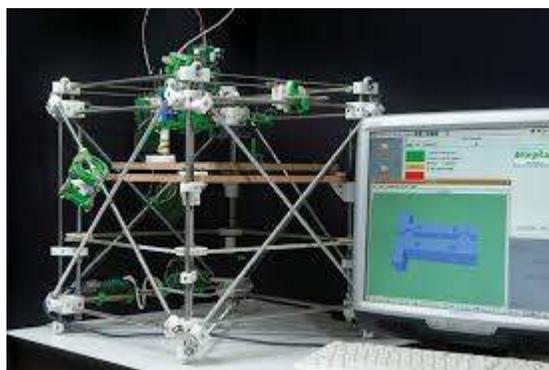
Le dépôt de fil (FDM/FFF : Fused Deposition Modeling/Fused Filament Fabrication) consiste à fondre un filament et à le déposer couche par couche à l'aide d'une buse d'impression. Entre chaque couche, le plateau d'impression descend afin de permettre la construction de la couche suivante. Ce procédé se répète jusqu'à ce que l'objet soit terminé.



Ce procédé d'impression 3D est le plus populaire. Une grande partie des imprimantes 3D sur le marché sont basées sur cette technologie.

Bien qu'apparu début des années quatre-vingt-dix, c'est au début des années 2000 que le processus d'impression 3D à partir de dépôt de fil fondu connaît son important développement.

En 2008, l'impression 3D entre dans la sphère du grand public avec ce processus, notamment avec la RepRap, la première imprimante auto-répliquante, qui permet d'imprimer des pièces utiles à son fonctionnement. La même année MakerBot Industries propose une imprimante à monter soi-même à destination des particuliers.



RepRap (Replication Rapid prototyper) issu du RepRap Project & Makerbot de Makerbot Industries

Actuellement la technologie FDM permet d'utiliser un filament de bois composite comme matière première.

2.3.2.4 Comparatif des technologies d'impression 3D

Le tableau ci-après synthétise les trois technologies. D'autres processus de fabrication additive existent : PJET (Polyjet), CLIP (Continuous Interface Production) ou encore DLP (Digital light processing). Elles sont des déclinaisons des technologies présentées.



Acronyme	Technologie	Procédé de fabrication	Avantages	Désavantages	Plastique et Alumide	Résine
FDM	Modelage par dépôt de fil	Extrusion de matériau	Pièces solides	Mauvaise qualité de finition et lent	Oui	
			Facile à imprimer	Requiert du support		
SLS	Frittage par Laser Sélectif	Poudre de lit de fusion	Aucun support requis	Précision limitée à la finesse de la poudre	Oui	
			Haute résistance Thermique et Chimique	Surface finie rugueuse		
			Très rapide			
SLA	Stéréolithographie	Photopolymérisation	Géométries complexes	Étape de finition obligatoire		Oui
			Bonne précision du détail	Nécessite du support		

2.3.3 Matériaux

2.3.3.1 Dépôt de fil fondu

Les deux matériaux les plus répandus pour l'impression 3D dépôt de fil fondu sont l'ABS et le PLA.

PLA

Le PLA, l'acide polylactique est fabriqué à partir de matériaux biosourcés (amidon de maïs). L'impression de PLA est plus simple à appréhender que l'ABS et plus adaptée aux pièces creuses et fines. Il ne peut se plier et reste donc relativement cassant.

Son faible rétrécissement au contact de l'air lors de l'impression permet d'éviter l'usage de plateaux chauffants (pas de décollement de la plateforme), ce qui diminue le temps d'impression.

Les températures d'impression sont entre 190°C et 230°C.

ABS

L'ABS, acrylonitrile butadiène styrène est plus résistant à la chaleur que le PLA. Cette résistance permet des traitements post production, par exemple perçage, ponçage, peinture. Il se plie aussi plus facilement et ne se rompt pas. Il est plus résistant que le PLA. L'utilisation d'acétone sur l'objet permet d'obtenir une surface polie.

L'ABS rétrécit au contact de l'air de ce fait la plateforme d'impression doit être chauffée afin d'éviter le décollement des pièces.

Les températures d'impression sont entre 230 et 260°

Autres matériaux utilisés

- **ASA** Acrylonitrile styrène acrylate, similaire à l'ABS avec toutefois une meilleure résistance aux rayons UV
- **PET**, Polytéraphthalate d'éthylène, idéal pour des pièces destinées au contact alimentaire, semi-rigide et offrant une bonne résistance
- **PC**, Polycarbonate, matériau très résistant conçu pour des applications d'ingénierie
- **Nylon**, très bonne adhérence intercouches, les pièces sont souples et résistantes
- **Matériaux flexibles**, similaires au PLA mais avec des degrés de rigidité différents mais fabriqués à base de TPE (élastomère thermoplastique) ou TPU (polyuréthane thermoplastique).

-
- **Fibre de carbone**, les fils de fibre de carbone sont associés dans les PLA, PET (PETG), Nylon, ABS, PC et ils permettent l'obtention, en plus des caractéristiques propres des matériaux, d'une très grande résistance et d'un poids final inférieur
 - **Matériaux hybrides**, mélange du PLA avec une poudre, généralement 70 % de PLA et 30 % poudre de matériaux
 - **PLA-bois**, PLA-Liège, PLA-Bambou
 - PLA-Brique, PLA-ciment, PLA-sable
 - PLA-Bronze, PLA-Cuivre, PLA-Argent
 - **Matériaux solubles**, HIPS (Polystyrène Haut Impact) et le PVA (Alcool Polyvinylique) généralement utilisé pour imprimer le support d'impression qui sera ensuite dissout.

2.3.3.2 Frittage sélectif par laser (SLS)

Cette technologie utilise des poudres plastiques : Polyamide, Alumide (polyamide et aluminium) ou Polypropylène.

2.3.3.3 Stéréolithographie (SLA)

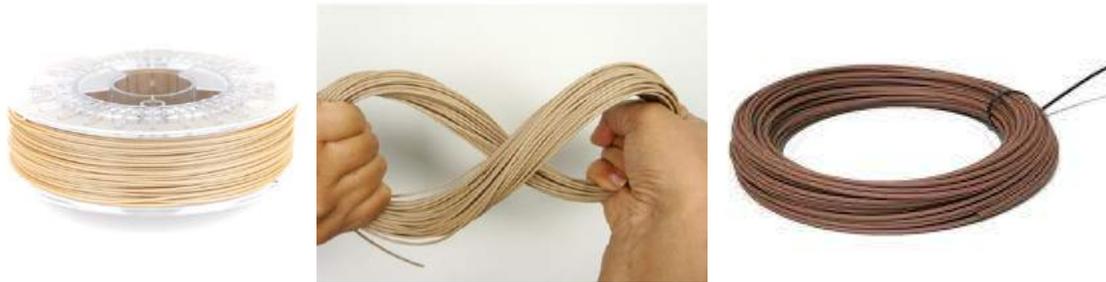
Les matériaux utilisés pour cette technologie sont des résines photosensibles liquides. Elles sont thermoplastiques ou thermo-solides (selon finition mate ou brillante). Ces résines utilisent les mêmes plastiques que pour le FDM mais sous forme liquide.

2.3.4 Utilisation du bois composite par dépôt de fil

2.3.4.1 Filament à base de bois

Il existe sur le marché deux filaments à base de PLA et bois.

- Woodfill de Colorfabb (Pays-Bas) dont la composition est 70 % PLA -PHA et 30 % Bois (à base de fines fibres de pin).
- Laywood D-3 de Lay filament (Allemagne) dont la composition est 60 % PLA - 40 % Bois

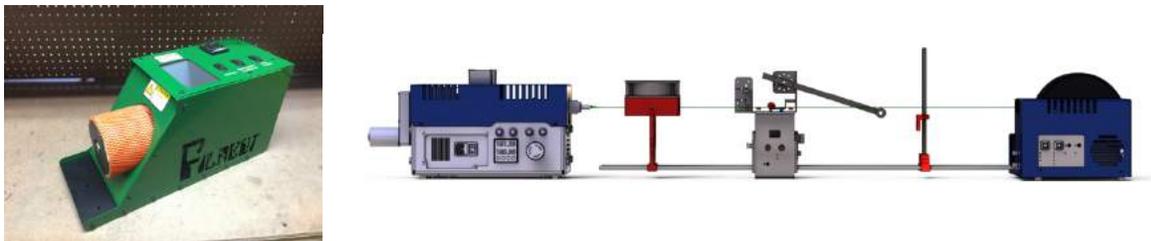


D'autres filaments imitent l'aspect du bois "Easywood coconut" (mélange noix de coco et polymère) ou encore "Polywood" (100 % plastique mais texture du bois).

Il existe deux diamètres standards pour les filaments 1,75 mm et 2,85 mm.

2.3.4.2 Extrusion de filament

Des extrudeuses pour créer ses propres filaments à partir de granulés plastiques sont disponibles sur le marché. Les modèles sont entre 300 et 2 000 €. Des solutions en opensource, à faire soi-même existent également.



Exemple d'extrudeuses : Filabot et Filafab + enrouleur de filament

On voit apparaître des modèles de petits broyeurs à intégrer avant l'extrusion permettant de broyer les matières plastiques en granulés. De nombreux plans existent en opensource pour ces broyeurs. Cela permet de recycler les fils ou objets imprimés en 3D. Certains modèles peuvent également broyer les emballages plastiques. Notamment le modèle, proposé dans le cadre du projet "Precious Plastic", permet d'extruder des copeaux faits à partir d'emballages plastiques.

2.3.4.3 Focus Precious plastic

Le designer néerlandais Dave Hakkens a développé le projet "Precious Plastic"⁸. Il fournit gratuitement les plans de machine à construire pour réaliser chez soi des équipements qui permettent de recycler les plastiques en objet.



4 machines du projet "Precious Plastic"

Le projet a développé 4 machines complémentaires :

- **Broyeur**, réduit les détritux en confetti ou copeaux
- **Compresseur** permet de fondre le plastique et de fabriquer des objets compacts (corbeille à fruits, par exemple)
- **Injection** transforme des copeaux plastiques en de petits objets moulés, à travers une étape de fonte.
- **Extrudeuse**, elle transforme des copeaux plastiques en un câble fin susceptible d'être utilisé dans une imprimante 3D.



Exemple de produits réalisés via les machines du projet "Precious Plastic"

Le bois n'est pas abordé par le projet mais la réflexion de l'intégration d'un broyeur à bois et d'une microfilière pour la création directe de petit objet ou fil de bois

⁸ Vidéo de présentation : <https://www.youtube.com/watch?v=8J7JZcsoHyA&t=5s>

composite, peut être envisageable. Une expérimentation pourrait être menée sur le sujet, notamment par le Fablab Artilect de Toulouse, qui a déjà travaillé sur un projet similaire à "Precious Plastic".

2.3.4.4 Impression du filament en bois composite

L'impression via des imprimantes 3D du filament en bois composite est possible à condition de bien paramétrer son imprimante.

Les filaments existants Woodfill et Laywood D-3 donnent des résultats concluants mais demande un paramétrage spécifique des imprimantes :

- baisser le temps et la vitesse d'impression (par exemple 40 % moins rapide avec le modèle Applicator)
- s'assurer d'avoir un broyage suffisamment fin des fibres de bois composant le filament pour rendre possible le passage dans les buses de 0,4 mm (modèle standard) ou augmenter la taille de la buse (diamètre de la buse la plus grande : 1,2 mm)
- il est préférable d'avoir le moteur d'extrusion non déporté c'est-à-dire sur la tête d'impression (pour éviter la compression dans le tuyau qui mène à la tête d'impression)
- il est possible de poncer la pièce pour donner une finition lisse, un vernis spécial bois peut être également ajouté sur les pièces.



Exemple d'impression : à gauche par Conceptstore à Metz avec du filament bois composite (ponçage et application vernis bois) et à droite impression de montre en bois composite (laissé brut) par Notaroberto - Boldrini Studio (marque .step)

Impression à petite et moyenne échelle

Une fois la prise en compte des différents paramètres cités, l'impression d'un filament bois composite est tout à fait possible.

Plusieurs imprimantes peuvent être utilisées pour l'impression du bois composite, il faut privilégier les imprimantes avec l'extrusion non déportée, il existe plusieurs imprimantes grand public qui ont cette particularité.

Les imprimantes de taille moyenne offrant un volume plus important se démocratisent également, le prix est entre 500 et 4 000 €, entre 0,01 m³ et 0,25 m³.



Exemple d'imprimantes de taille moyenne à gauche Lulzbot Taz 6 (États Unis - 280 mm x 280 mm x 250 mm 2 240 €) et 3D Modular Systems Scalar XL (France - 400 x 300 x 400 mm - 899€)

La taille de la buse est généralement de 0,4 mm mais beaucoup prévoient l'utilisation de différentes tailles de buse. Les imprimantes de taille moyenne offrent un plateau d'impression intéressant à un prix abordable.

Impression grande échelle

Deux technologies sont possibles quand on souhaite imprimer une pièce volumineuse, soit on utilise une imprimante 3D avec un plateau et une hauteur d'impression plus grands, soit un bras robotisé.

Imprimante 3D grande format

L'intérêt d'une impression grand format est d'imprimer en une seule fois l'ensemble de la pièce. Elle peut être utilisée pour imprimer des meubles et des prototypes. La grande surface de plateau permet également, d'imprimer toute une série de petits objets en même temps.

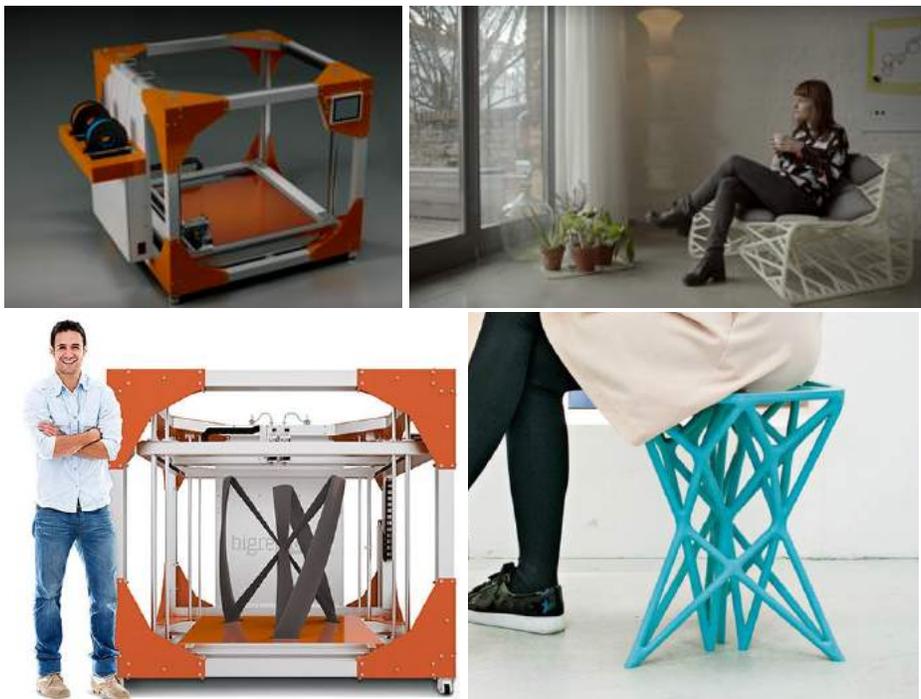


Exemple d'impression à grande échelle

Les imprimantes autour de 1 m³, vont de 10 000 € à 50 000 €. Il est tout à fait possible d'envisager une machine autoconstruite voire de la créer spécifiquement pour l'impression de bois composite.

Focus BIGREP One

Nous avons poussé les investigations sur la "BIGREP One" car elle a une extrusion embarquée et offre un volume d'impression intéressant. Les buses sur cette imprimante vont de 0,4 à 2 mm. Il est pertinent d'augmenter la taille de la buse pour augmenter la vitesse d'impression pour les grandes pièces, sinon l'impression d'un tabouret prendrait plusieurs jours.



Suite à plusieurs entretiens avec des utilisateurs de la BIGREP One, nous n'avons pas eu de retour d'expérience de l'impression du filament bois composite. Cependant aucun frein technique n'est signalé par les utilisateurs.

Bras robotisé

Des bras robotisés ont été développés avec la volonté d'imprimer en 3D directement une habitation à partir de béton ou de mousse expansive. À l'instar de l'imprimante 3D, les bras robotisés peuvent être autoconstruits.



Exemple de Batiprint mis au point par une équipe de chercheurs de l'Université de Nantes

Il est possible d'envisager d'autres matériaux utilisés par le bras : par exemple mélange bois broyés et béton, ce qui donnerait plus de légèreté et des qualités mécaniques intéressantes au béton.

Le fablab de Toulouse Artilect envisage d'en développer un courant 2018. Le Fablab de Jarry en Guadeloupe propose également de travailler sur un bras robotisé en autoconstruction.

Il est possible de travailler avec eux pour que le bois composite puisse être utilisé par le bras robotisé.

2.3.5 Expérimentation filament de bois composite à partir du gisement

Valdelia

Nous avons demandé au WKI Fraunhofer à Braunschweig d'évaluer la possibilité de faire un filament en bois composite pour l'impression 3D à partir du gisement de bois issus d'un prestataire Valdelia.

Nous avons défini plusieurs points pour l'expérimentation :

- Deux types de bobines de fil sont produits, une avec un diamètre de fil de 1,75 mm et une autre avec un diamètre 2,85 mm pour correspondre au diamètre standard du commerce. Un diamètre plus important permet d'augmenter la taille de la buse et donc la vitesse d'impression.
- Le broyage doit être bois à inférieur 0,4 mm :
 - pour le filament de diamètre 1,75 deux expérimentations sont faites : un broyage à 0,2 mm et un à 0,08 (via un broyeur à rotor ultra-centrifuge)
 - pour le filament de diamètre 2,85 un broyage à 0,2 mm
- Le filament sera fait à partir de 30 % de bois et 70 % de PLA-PHA, ce qui correspond aux proportions du produit Woodfill.

Nous avons choisi le PLA comme plastique à ajouter dans le composite. Le choix a été motivé face la dangerosité de l'ABS et par rapport aux autres filaments de bois composite existant sur le marché. Le PLA est un matériau plus fragile que l'ABS mais l'ajout de fibres de bois permet de renforcer ses caractéristiques mécaniques.

CONCLUSION – Filament pour impression 3D

Avantages du matériau pour l'application	Inconvénients du matériau pour l'application	Avantages de l'application pour la filière	Inconvénients de l'application pour la filière
Faible coût d'investissement	Impression lente	Nombreux axes de développement	Faible tonnage
Nombreuses applications possibles	Application bien spécifique		

2.4 Bilan et analyse

On constate que le champ d'application du bois composite est très vaste. Un grand nombre de ces applications peut être réalisé avec la même production : la lame extrudée.

Le marché est diffus, aucun segment n'est vraiment prioritaire. Une stratégie industrielle est à mettre en place en hiérarchisant les applications.

Le marché potentiel ne limite pas la mise en place d'une unité de production de bois composite à partir de bois déchet à la Guadeloupe.

Le tableau ci-après résume le potentiel du bois composite pour chaque application.

	Valeur ajoutée environnement	Retours d'expérience industrielle	Besoins R&D	Opportunité économique / marché
Terrasses	Fort Concurrence avec le bois tropical	Fort Productions existantes en bois composite	Moyen Travailler sur le vieillissement et le potentiel de chauffe	Moyen Image moyenne, concurrence forte
Bardages	Moyen Nombreux produits existants	Fort Productions existantes en bois composite	Moyen Travailler sur le vieillissement et la résistance (ouragans)	Fort Si le potentiel technique est démontré
Garde-corps	Fort Concurrence avec le bois tropical	Faible Nouvelle application ?	Moyen Envisager encapsulage	Moyen Taille de marché faible.

Autres applications bâtiment	Variable	Faible Nouvelles applications pour le bois composite.	Important Nouvelles applications	Inconnu
Équipements portuaires	Fort Si la durée de vie du bois composite est longue	Fort Productions existantes en bois composite	Moyen Démontrer le respect du cahier des charges	Moyen Dépendant des cahiers des charges des donneurs d'ordres
Équipements sentier de randonnée	Fort Concurrence avec le bois tropical	Faible Nouvelles applications du bois composite	Moyen Travailler sur le vieillissement	Fort Même si le marché est très centralisé
Équipements plages	Fort Si la durée de vie du bois composite est longue	Faible Nouvelles applications du bois composite	Moyen Travailler sur le vieillissement et le potentiel de chauffe	Fort Dépendant des cahiers des charges des donneurs d'ordres
Autres équipements urbains	Moyen Nombreux produits existants	Faible Nouvelles applications du bois composite	Important Nouvelles applications	Moyen Dépendant des cahiers des charges des donneurs d'ordres.
Composteurs	Faible C'est l'activité de compostage qui apporte la valeur ajoutée	Fort Productions existantes en bois composite	Peu important Travailler sur le risque de gonflement	Fort Programme de promotion du compostage individuel.

Mobilier de jardins	Moyen Nombreux produits existants	Faible Nouvelles applications du bois composite	Important Nouvelles applications	Moyen Image moyenne, concurrence forte
Abris et cabanons	Moyen Nombreux produits existants	Faible Nouvelles applications du bois composite	Moyen Travailler sur le vieillissement	Moyen Image moyenne, concurrence forte
Fosse eau et assainissement	Fort Réduction des polymères fossiles	Faible Nouvelles applications du bois composite	Important Nouvelles applications	Fort Besoins locaux importants
Poubelles et PAV	Fort Réduction des polymères fossiles	Faible Nouvelles applications du bois composite	Important Nouvelles applications	Fort Besoins locaux importants
Fil 3D	Fort Réduction des polymères fossiles	Moyen Productions existantes en bois composite mais matériau peu utilisé	Moyen Travailler sur la formulation de la matière à imprimer et sur les machines à utiliser pour l'impression	Moyen Taille de marché faible

3 Phase 3 : Faisabilité technico-économique d'une filière antillaise de fabrication de bois composite

En Guadeloupe nous n'avons pas vu de filière d'extrusion de bois composite. Il existe une filière d'extrusion de PVC pour la fabrication de plaques de sous-toiture.

L'ensemble des installations pour le montage d'une unité de production devra être importé de métropole ou d'un pays tiers.

La matière première bois (bois de recyclage provenant des DEA et autres sources) est présente en quantité suffisante. Les autres matières premières devront être approvisionnées soit à partir de métropole soit à partir de pays tiers. Autres matières premières : plastiques (PEHD, PP), adjuvants comme les colorants, les hydrofugeants, anti-glissance etc.

3.1 Caractéristiques des bois composites

Les bois composites, WPC ou bois plastiques, sont des produits composés de bois pour une part importante (jusqu'à 65 % en masse), de polymères de type plastique et de différents adjuvants comme des colorants, des anti-glissances etc.

En ce qui concerne les climats humides, il est recommandé de ne pas dépasser 50 % de bois en masse dans la composition des bois plastiques.

Les plastiques les plus utilisés sont le Polypropylène (PP), le Polyéthylène Haute densité (PEHD) et le PVC.

Il est important de noter les températures de fusion des différents plastiques :

- ❖ PVC : 100 °C ;
- ❖ PEHD : 135 °C ;
- ❖ PP : 160 à 165 °C.

En raison du fort ensoleillement, il est préférable de choisir un plastique ayant une température de fusion relativement élevée. Le choix devra se porter soit sur du PEHD, soit sur du PP

L'ajout de bois donne au composite une meilleure tenue en température et améliore également les caractéristiques mécaniques du produit fini.

Note : Un certain nombre d'informations provenant de fabricants ou de fournisseurs font état d'un prix de plastique de 1 400 à 1 500 €/tonne pour le PEHD vierge et de 500 à 600 €/tonne pour du PEHD recyclé. L'inconvénient du PEHD recyclé est sa coloration

variable et non uniforme. L'utilisation de PEHD recyclé nécessite d'avoir une co-extrusion avec une couche intérieure en PEHD recyclé et une couche extérieure, plus fine en PEHD vierge.

Les principales caractéristiques des bois composites ainsi que les méthodes d'essais sont données dans la série de norme NF EN 15 534 partie 1 à 6.

Elles donnent les caractéristiques à respecter pour les différents usages des bois composites.

- NF EN 15 534-4 : lames et dalles pour platelage ;
- NF EN 15 534-5 : lames et plaques pour bardage et lambris ;
- NF EN 15 534-6 : profilés et éléments de clôture.

Dans le tableau ci-après, est présenté un résumé des caractéristiques et propriétés demandées aux bois plastiques en fonction de leur destination. D'autres caractéristiques peuvent être données, elles sont alors fonction de l'usage particulier que le producteur prévoit pour le composite. Le résumé complet des normes est donné en annexe.

BOIS COMPOSITES principales exigences (normes 15534-4, 5, 6)			
Propriétés recherchées	Lames et dalles de platelage norme NF EN 15534-4	Lames et plaques pour bardage et lambris norme NF EN 15534-5	Profilés et éléments pour clôtures norme NF EN 15534-6
Polymère de base et type et teneur en matière cellulosique	À déclarer par le fabricant	À déclarer par le fabricant	À déclarer par le fabricant
Propriétés physiques			
Glissance			
essai au pendule	valeur pendulaire ≥ 36	EN 15534-1	
ou essai sur plan incliné	Classe C (≥ 24)	EN 15534-1	
ou coefficient de frottement dynamique	$\geq 0,43$	EN 15534-1	
Masse linéique (lames)	à déclarer par le fabricant avec les tolérances associées	à déclarer par le fabricant avec les tolérances. Valeurs individuelles $\geq 95\%$ de la valeur déclarée	à déclarer par le fabricant avec les tolérances. Valeurs individuelles $\geq 95\%$ de la valeur déclarée
épaisseur, longueur, largeur (lames)	à déclarer par le fabricant avec les tolérances associées	à déclarer par le fabricant avec les tolérances associées	à déclarer par le fabricant avec les tolérances associées
écart de rectitude	à déclarer par le fabricant avec la tolérance associée	à déclarer par le fabricant avec la tolérance associée	à déclarer par le fabricant avec la tolérance associée
Tuilage	à déclarer par le fabricant avec la tolérance associée	à déclarer par le fabricant avec la tolérance associée	à déclarer par le fabricant avec la tolérance associée
Propriétés mécaniques			
Résistance au choc d'une masse tombante			
Lame creuse	aucune des 10 éprouvettes de doit présenter de défaillance avec une longueur de fissure $\geq 10\text{mm}$ ou une profondeur d'empreinte résiduelle $\geq 0,5\text{mm}$	Pas plus d'une éprouvette sur 10 ne doit présenter de défaillance	Pas plus d'une éprouvette sur 10 ne doit présenter de défaillance paramètres d'essai : $H = 1\ 000 \pm 5\ \text{mm}$ Masse tombante: $500 \pm 2\ \text{g}$
lame pleine	aucune des 10 éprouvettes ne doit présenter de défaillance, avec une profondeur d'empreinte résiduelle $\geq 0,5\text{mm}$		Pas plus d'une éprouvette sur 10 ne doit présenter de défaillance paramètres d'essai : $H = 1\ 000 \pm 5\ \text{mm}$ Masse tombante: $500 \pm 2\ \text{g}$
Propriétés en flexion			
$F'_{\max} \geq 3\ 300\ \text{N}$ (valeur moyenne arithmétique)			
$F'_{\max} \geq 3\ 000\ \text{N}$ (valeurs individuelles)			
Flèche sous une charge de $500\ \text{N} \leq 2,0\ \text{mm}$ (valeur moyenne arithmétique)	Portée d'utilisation déclarée par le fabricant	Flèche sous une charge de $250\ \text{N} \leq 5,0\ \text{mm}$ (valeur moyenne arithmétique), portée d'utilisation déclarée par le fabricant	Déclaration du module d'élasticité en flexion et de la résistance en flexion paramètres d'essai: portée: 20 fois l'épaisseur h de l'éprouvette et portée $l_1 \geq 100\ \text{mm}$
Flèche sous une charge de $500\ \text{N} \leq 2,5\ \text{mm}$ (valeurs individuelles)			
Comportement au fluage			
Portée d'utilisation connue			
$\Delta_s \leq 10\ \text{mm}$ pour la valeur moyenne arithmétique $\Delta_s \leq 13\ \text{mm}$ pour les valeurs individuelles $\Delta_{sr} \leq 5\ \text{mm}$ pour la valeur moyenne arithmétique	Portée d'usage déclarée par le fabricant		
Portée d'utilisation inconnue			
$C_f \leq 6$ et CV (coefficient de variation) $\leq 15\ \%$ $E_{rc} \geq 30\ \%$ et CV (coefficient de variation) $\leq 15\ \%$			

Une fiche technique donnera en fonction de l'usage auquel est destiné le bois composite la ou les principales caractéristiques demandées. Exemple d'un extrait d'une fiche technique d'un fabricant de bois composite :

Dimensions	Épaisseur (mm) 21 Longueur (mm) 4000 Largeur (mm) 165
Reprise d'humidité	Reprise d'humidité (100 °C- 5h) en longueur inférieure à 0,1 % Absorption d'eau (24H /20°C EN 317) en masse inférieure à 0,5 % Absorption d'eau (72H /20°C EN 317) en masse inférieure à 1 %
Propriétés biologiques	Résistance aux termites, pourritures et insectes xylophages Excellente Résistance aux variations climatiques (EN 321) Très bonne
Écologie	100 % recyclable indéfiniment
Propriétés	Température de ramollissement (°C) 154 Dilatation thermique longitudinale (mm/m.°C) inf à 0,05 Résistance à l'abrasion (TABER – EN13329) mm/2000 tours 0,39 Densité 1,19 Glissance test pendule (Norme XP CEN / TS 15676 / 2008) sens perpendiculaire sec 85 (très adhérent), humide 40 Module de flexion (EN 310) (MPa) > 2700 dureté brinell (EN 1534) 34HB

Un des points importants, particulièrement pour l'usage dans un climat chaud et humide, comme celui de la Guadeloupe, est la reprise d'humidité entraînant des variations dimensionnelles et désordres que cela engendre.

Ce fut un des points noirs de l'introduction des bois composites qui, comme souligné précédemment, souffrent de ce fait d'un déficit d'image.

Pour résoudre ce point, le producteur de bois composite pratique depuis un encapsulage des fibres de bois (l'encapsulage de la fibre consiste à chasser, par une pression élevée, l'eau contenue dans la fibre, à enrober complètement chaque fibre de bois et à évacuer l'eau du matériau avant solidification). Les gonflements relevés aujourd'hui sont de l'ordre de 0,06 %, n'engendrant plus aucun désordre.

Une autre méthode, pour éviter les problèmes dus au gonflement, est de réaliser une co-extrusion, c'est-à-dire d'avoir une couche de polymère pur, relativement fine, en extérieur. Le bois composite est alors rendu complètement étanche. Cette méthode a également l'avantage, comme vu précédemment, de pouvoir utiliser du PEHD recyclé en intérieur (le PEHD recyclé est en général d'une couleur brune due au mélange des couleurs des utilisations des PEHD) et d'avoir une couche externe de la couleur recherchée à partir de PEHD vierge et teinté.

Le plastique comme le bois sont des isolants et de ce fait le composite l'est également. Il faut noter que comme isolant, le bois composite emmagasine la chaleur et peut donc, dans les pays très ensoleillés, avoir une température de surface élevée voire brûlante.

Dans les composites bois polymères (plus généralement appelés bois plastiques) les adjuvants ajoutés ont plusieurs rôles importants :

- Rôle de charge (par exemple le Carbonate de calcium renforçant les caractéristiques mécaniques du polymère. Ce rôle est également joué par le bois),
- Rôle d'ignifugeant, de lubrifiant, d'agents d'adhésion, d'antichoc, d'anti-UV... Ils sont mis en fonction des conditions d'utilisations du bois polymère.

3.2 Approche d'une ligne de production (machines, implantation...)

En fonction du système d'approvisionnement, deux possibilités existent pour une ligne de production de bois composite :

- Soit la production se fait en 2 phases : une phase production de "compound" (granulés de bois et de plastique en mélange) injecté ensuite dans une extrudeuse afin d'obtenir le produit final ;
- Soit la production se fait en direct en injectant dans l'extrudeuse le mélange farine de bois et plastique en poudre.

Le système « compoundage » a l'avantage de mieux absorber les à-coups de production, de mieux résoudre et éliminer l'humidité résiduelle du bois et d'avoir plus de souplesse dans la production. Par contre, il nécessite, soit d'acheter le compound en tant que matière première auprès d'une entreprise pratiquant le "compoundage", soit d'avoir une ligne permettant le compoundage. D'après certains fabricants de machines, cette solution est la meilleure solution pour obtenir des bois polymères ne risquant pas la reprise d'humidité et le tuilage des éléments produits.

Le système de production en direct a l'avantage d'être plus simple pour une production et moins coûteux en investissement.

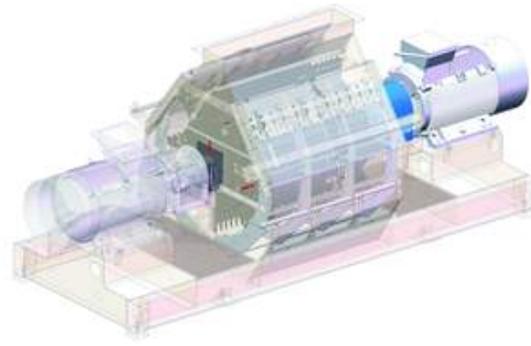
Pour le projet, nous retiendrons ce système.

Quel que soit le procédé retenu, la ligne de production devra comporter les machines suivantes :

- Un ou plusieurs broyeurs permettant de produire la farine de bois. Ce peut être un broyeur à couteaux pour, dans un premier temps, obtenir des éléments réduits d'une dimension de l'ordre de 30 mm maximum, suivi d'un broyeur à marteaux équipé de grilles fines de l'ordre de 0,5 mm maximum. Le broyeur à couteaux n'a pour rôle que de réduire la matière à des dimensions acceptables. par le broyeur à marteaux (environ 50 à 100 mm).



1



2

Exemple de broyeurs :

1 broyeur à couteaux UNTHA LR 1000/1400, capacité 12 m³ de bois par semaine de type palettes ou gros morceaux

2 broyeurs à marteaux PROMILL, capacité 55 m³ de bois par semaine ;

En annexe technique, une liste de fabricants de broyeurs de petite capacité, adaptés à la production de bois composite.

- Un système de séchage du bois doit être prévu pour descendre l'humidité du bois aux alentours de 0 %.

Note : le degré d'humidité de la farine de bois lors de l'extrusion est un facteur clé pour la qualité du produit sortant. La capacité du séchoir doit correspondre à la demande pour la production car, du fait de l'hydrophilie du bois, la reprise d'humidité est très importante et très rapide. Peu de fabricants de séchoirs sont capables de fournir des séchoirs de capacité réduite. En annexe technique, on trouvera des noms de fabricants.

- Un système de mélange des composants (farine de bois, plastique en poudre et adjuvants) dans le cadre d'une alimentation directe par une trémie ;

Ce système peut être volumétrique ou gravimétrique. En ce qui concerne le bois c'est un système gravimétrique par perte de poids (système de pesée). Pour le plastique et les additifs, un dosage volumétrique sera retenu.

En annexe technique une revue des fabricants.

-
- Une ligne de production comprenant : une trémie d'alimentation, 5 zones de chauffage tête, banc de calibration profiles, tireuse, scie et banc culbuteur et l'armoire électrique correspondante.



Exemple d'extrudeuse BAUSANO (Italie)

Une ligne de production d'une capacité de 150 kg/heure de production, soit une production journalière de 3 300 kg de bois composite représente une consommation de bois de 1 650 kg /jour de bois et pour 5 jours par semaine : 8 250 kg de bois sec.

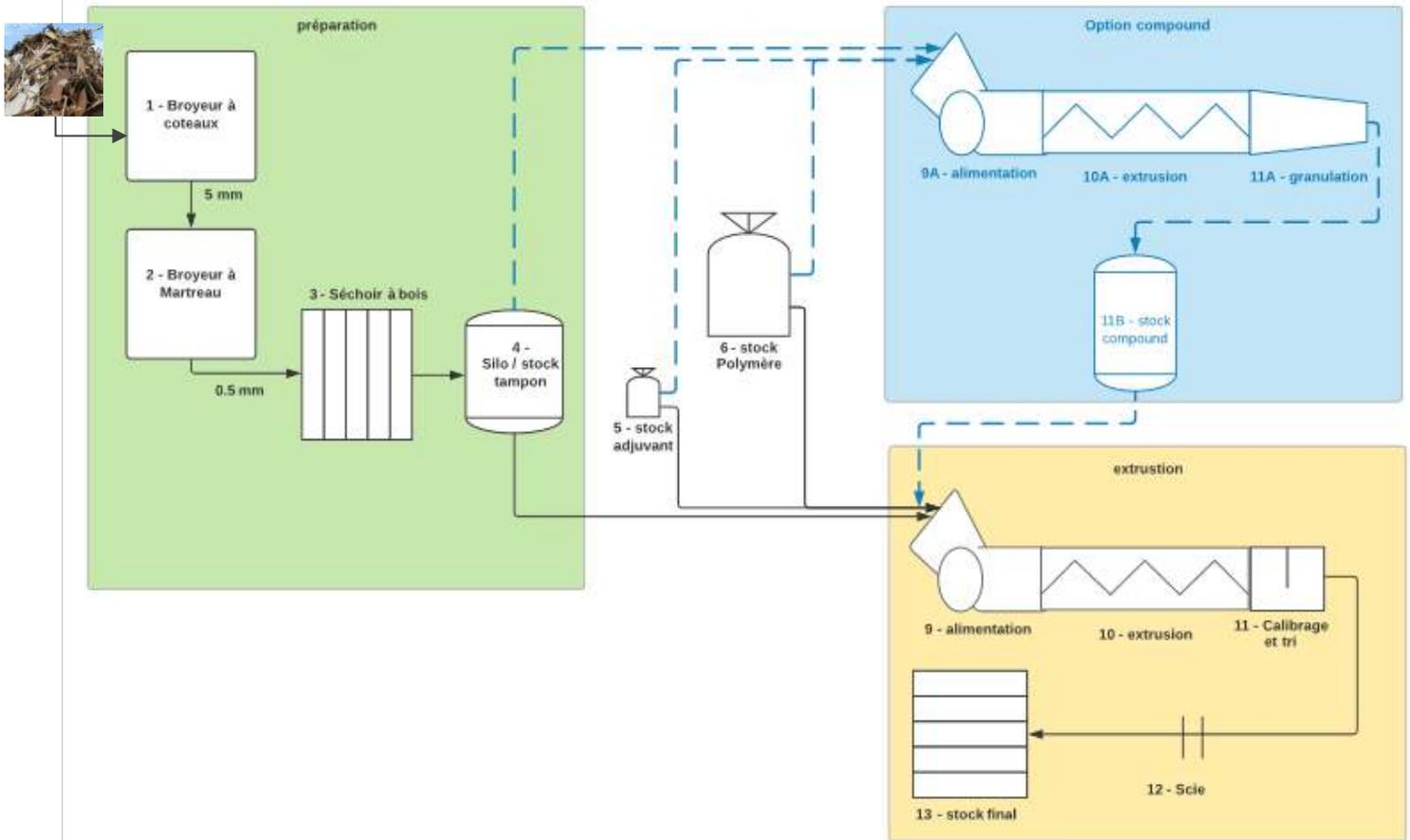
Le bois provenant de meubles est compté à une humidité entre 10 et 12 %. Par semaine la quantité de bois provenant des DEA est donc de 9 240 kg.

Si on considère que le bois des DEA à une masse volumique de 650 kg/m^3 , la consommation de bois est de $14,2 \text{ m}^3/\text{semaine}$. Le volume apparent est nettement plus important du fait du foisonnement de la matière. Il se situe entre $28,4$ et $42,6 \text{ m}^3$

Le coût d'une telle ligne est évalué par un fournisseur à 300 k€ pour la seule partie extrudeuse.

Un autre fournisseur propose une ligne de production allant de la trémie de chargement à la sortie du produit fini pour un total de 446 000 €.

En retenant la solution directe, le schéma de la ligne serait le suivant :



1. Broyeur classique à couteaux
2. Broyeur à marteaux (réduction fibres < 0,5 mm)
3. Séchoir à bois
4. Silo farine de bois
5. Stock adjuvant
6. Stock polymère
7. Dosage volumétrique
8. Dosage gravimétrique bois
9. Trémie d'alimentation
10. Extrudeuse
11. Banc de calibration et tri
12. Scie
13. Stock final

Option compound

- 9A. Trémie d'alimentation
- 10A. Extrudeuse
- 11A. Granulation
- 11B. Stock compound bois composite

Dans le cas de l'option compound, l'humidité de la farine de bois est moins critique. Le séchage peut être réduit, voire supprimé.

3.3 Budget estimatif d'une installation (CAPEX)

Hypothèse d'une ligne de production lames en bois composite de 150 kg/h par extrusion directe.

Système de production		Qté	Total
Poste 1	Broyeur classique à couteaux	1	80 000 €
Poste 2	Broyeur à marteaux	1	19 000 €
Poste 3	Séchoir à bois	1	100 000 €
Poste 4	Silo farine de bois	1	5 000 €
Poste 5	Extrudeuse	1	300 000 €
Poste 6	Banc de calibration et tri	1	30 000 €
Poste 7	Scie	1	50 000 €
Poste 8	Stock final	1	8 000 €
Poste 9	Tuyauterie	1	80 000 €
Total équipements			672 000 €

		Qté	Total
poste A	Ingénierie du projet	6 %	40 320 €
poste B	Frais administratifs et financiers	5 %	33 600 €
poste C	Autorisations	1 %	6 720 €
poste D	ECC, raccordement utilités, montage	30 %	201 600 €
poste E	Chauffage, climatisation, ventilation	15 %	100 800 €
poste F	Montage et suivi de chantier	12 %	80 640 €
poste G	HSE	3 %	20 160 €
poste H	Aléas	20%	134 400 €
Total frais annexes			618 240 €

Total - Ensemble Préparation des déchets	1 290 240 €
---	--------------------

4 Synthèse et conclusion (confidentiel Valdélia)

4.1 Écosystème et réseau de partenaires potentiel

4.1.1 Appui des institutions locales

Les acteurs publics ont apprécié l'idée d'une filière locale pour les déchets bois et d'une valorisation matière de leurs déchets ainsi que l'impulsion donnée par Valdélia pour commencer un projet de cette envergure.

4.1.1.1 Acteurs régionaux

Les institutions régionales sont des relais importants sur la thématique déchet et sont conscientes des nombreuses problématiques environnementales liées à la gestion des déchets de l'île. Ils lancent chaque année des Appels À Projets (AAP) et travaux pour améliorer la gestion des déchets. À titre d'exemple l'AAP 2018, Prévention des déchets en Guadeloupe (Région Guadeloupe, Conseil Départemental de Guadeloupe et ADEME) permettra le développement de projet de ressourceries (dont certaines adossées à des déchèteries) et d'actions pour la semaine de réduction des déchets (SERD). L'AAP de 2016 a permis à certaines collectivités de rentrer dans un programme pour la promotion du compostage (ex CANGT 5 000 composteurs en 5 ans).

Dans l'optique d'un approfondissement R&D ou d'un déploiement d'un site pilote pour la valorisation des déchets bois en bois composite, des fonds peuvent être mobilisés (ex : ADEME Guadeloupe, Région Guadeloupe).

4.1.1.2 Acteurs locaux

Nous notons différents degrés d'action, d'implication et mise en conformité selon les collectivités du territoire sur la thématique gestion des déchets. Les collectivités Cap Excellence et CANGT sont assez actives et engagées au travers de leurs actions. Lors de notre visite, seule la CANGT avait rédigé son programme local de prévention des déchets ménagers et assimilés (PLPDMA⁹) et est en cours déploiement de ce dernier. Hors "une obligation d'élaboration et d'adoption du PLPDMA incombe à la collectivité

⁹ <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/decret/2015/6/10/DEVP1427461D/jo>

ou au groupement de collectivités qui détient la compétence obligatoire en matière de collecte des déchets ménagers et assimilés (DMA)", ADEME.

Si le gisement bois des ménages est jugé pertinent comme matière première pour le bois composite, il conviendra de travailler avec les collectivités locales pour mettre en place des équipements et installations adéquates à la collecte de ce gisement (bennes et communications spécifiques).

4.1.2 Préparation de la matière

Les prestataires des déchets rencontrés ont potentiellement la possibilité de trier le déchet bois et de l'envoyer vers une filière dédiée. La logique sera simplement économique : si le prix d'achat de la tonne de bois triée est en accord avec le marché et les autres exutoires de valorisation, la matière en amont pourra être triée et préparée.

Aucun acteur privé du déchet n'a émis des réticences sur cette logique. SNR, prestataire Valdélia, semble tout à fait ouvert à préparer la matière pour une filière bois composite.

4.1.3 Production de bois composite

Deux approches sont possibles pour entreprendre des essais R&D à un niveau pilote industriel et, à l'avenir, intégrer la production de bois composite en Guadeloupe :

- intégration par un acteur du bois notamment présent dans le secteur de la construction, secteur déjà utilisateur de ce produit pour les bardages, terrasses et autres applications.
- intégration par un acteur de la plasturgie ayant déjà un site de production localement et maîtrisant les processus d'extrusion et de rotomoulage du plastique.

Tout d'abord concernant les acteurs du bois, deux entités ont montré un intérêt pour intégrer une production de bois composite :

- **Charpindus** : Fabricant des structures bois de la marque Maisons 60 jours, importe aujourd'hui du bois exotique pour le bardage. La société pense que le produit bois composite pourrait très bien s'intégrer dans la fabrication de leur maison bois en tant que bardage et éventuellement pour d'autres usages qui pourraient être trouvés. Le bois composite leur semble une alternative qualitative, locale et plus économique. Le site de production a la capacité

d'accueil d'une production de bois composite. Ils sont ouverts à ce type de projet.

- **Piveteau Bois** (enseigne Vivre en Bois) a une unité de production de bois composite en métropole (SYLNEO), il propose déjà des produits en bois composite dans leurs enseignes (bardage, terrasse, composteur, piscine hors sol...). Ils ont une connaissance du processus de production et pourraient être intéressés pour prendre part à un projet R&D. Cependant la production est centralisée en métropole, une implantation en Guadeloupe ne semble pas, actuellement, être directement envisagée.

Le secteur de la plasturgie a montré un intérêt au projet, notamment via un acteur implanté dans les Antilles : le groupe indépendant **Caïali**. Ce groupe rassemble l'entité Procap, une branche spécialisée dans le rotomoulage (cuve, citerne, récupération eaux de pluie) et Cabex, entité spécialisée dans l'extrusion PVC de lambris. Ils ont déjà travaillé avec SILVADEC (producteur de bois composite en France) pour intégrer une ligne de bois composite en Guadeloupe. Le groupe ayant une forte culture de la R&D, Patrick LANES son gérant s'est montré intéressé pour lancer des essais R&D.

4.1.4 Utilisation de bois composite

Nous avons listé l'ensemble des applications possibles lors de l'évaluation du marché aval. Il y a un travail commercial complémentaire à réaliser en fonction de la typologie du bois composite produit. Cependant des acteurs se sont montrés très intéressés par la matière et son intégration dans leur offre ou production. Notamment pour deux applications que sont l'habitat et les équipements extérieurs :

- La société Colibri construction utilise actuellement pour ses constructions des bardages ciment composite (ciment, sable, fibre de bois, eau et additifs) importés. Si la production locale de bois composite lui permet d'être équivalent en termes de coût au bardage bois ciment importé, la société souhaite proposer le matériau dans ses constructions. Plus généralement sur les applications dans la construction si le prix du bois composite est inférieur au prix du bois tropical, le matériau a un marché à prendre. Charpindus est intéressé également pour son utilisation en remplacement des essences tropicales.
- L'association Saint Martin de Porres produit manuellement des composteurs, bacs de jardin et carrés potagers. Ils ont récemment reçu des financements pour intensifier leur production. Il recherche activement des matériaux imputrescibles en alternative au plastique et au bois traité. Le gisement nécessaire reste aujourd'hui relativement faible mais le matériau répond à une problématique concrète et permet d'commencer une production Made in Guadeloupe. D'autres équipements extérieurs collectifs ont un intérêt pour le

territoire, ils dépendent principalement de la commande publique, qui jouera un rôle important sur l'avenir de la filière.

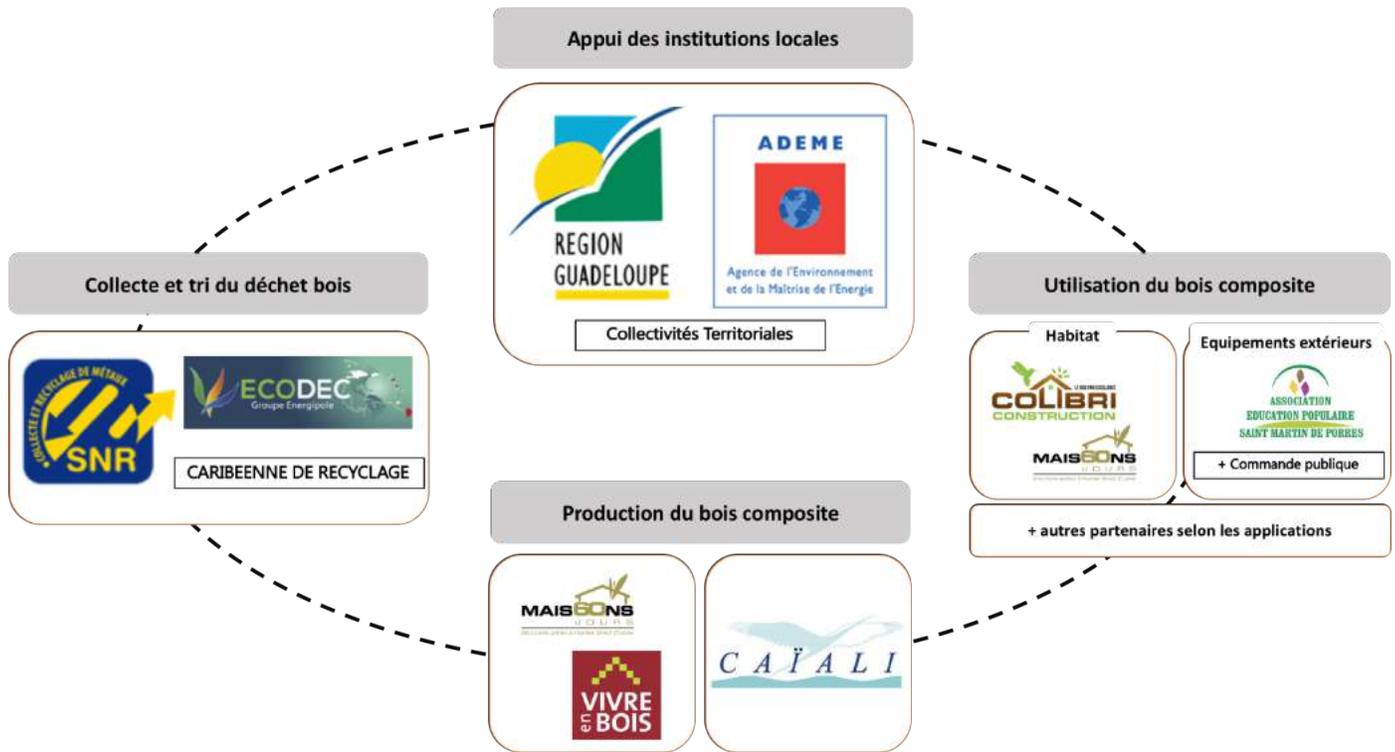


Schéma de l'écosystème et des partenaires potentiels

4.2 Potentiel d'une filière industrielle

La production de bois composite à partir de bois déchet en Guadeloupe semble être une idée intéressante pour recycler localement le bois B (DEA et autres déchets). Le gisement existe et les produits potentiels devraient permettre de diversifier les exutoires.

Une même production, la lame extrudée, permettrait de positionner le bois composite sur de nombreuses applications. Parmi les applications on note :

- L'équipement des plages, des ports et des sentiers. Ces besoins sont importants et dépendent de la commande publique
- Le bois bâtiment (hors bois de structure). Applications bien connues pour le bois composite. Ces applications permettent d'appuyer la production sur un marché stable et des ventes récurrentes

Le bois composite peut également compter sur deux marchés émergents :

- Le rotomoulage du bois composite pour la fabrication d'équipements de collecte des déchets et l'assainissement autonome.
- Le fil bois plastique pour alimenter les imprimantes 3D en bois composite.

Enfin, les acteurs publics et privés sont en place sur l'ensemble de la filière.

Il reste néanmoins quelques points nécessitant de nouvelles connaissances.

- La fabrication de bois composite par extrusion directe à partir de bois déchet en mélange dans le domaine de la production industrielle.
- La reprise d'eau et le gonflement en résultant ; l'accumulation de chaleur.
- La résistance aux environnements agressifs (sel, insectes, humidité, champignons) et aux phénomènes climatiques majeurs

Ces connaissances devront être utilisées dans la présentation des produits en bois composites. Elles correspondent aux questions que se posent les utilisateurs finaux du bois composite.

Pour enclencher un projet local, les actions suivantes peuvent être réalisées :

- Mobiliser les acteurs locaux, par exemple en lançant un appel à manifestation d'intérêt. Cette action devra permettre aux éventuels acteurs, non-identifiés dans cette étude, de faire connaître leur intérêt et de se positionner sur le marché.
- Quantifier le minimum de production qui permettrait de rentabiliser une activité industrielle (étude technico-économique de la filière). Réaliser une évaluation économique complète d'une production de petite capacité.
- Valider la valeur ajoutée environnementale apportée par le recyclage du bois composite à partir de bois déchet. Réaliser l'éco-profil du produit.

Annexes

Annexe n°1 : Liste exhaustive des équipements de collecte et de traitement des déchets en Guadeloupe

Type d'installation	Nb d'installations prévues	Localisation	Maitrise d'ouvrage	Capacités simulées dans le plan	Statut
Quai de transfert	5 quais de transfert à l'interface terre/terre pour les OMR, CS et autres flux	Baillif *	CASBT	19 0000 t	En projet
		Trois-Rivières *	Nicollin	11 0000 t	Existant
		Morne-à-l'Eau	SYVADE	22 0000 t	2016-2017 (capacités actuellement prévues : 15 000 t)
		Sainte Anne	SYVADE	25 0000 t	2016-2017 (capacités actuellement prévues : 15 000 t)
		Sainte-Rose	CANBT	17 000 t	Besoin évalué dans le cadre des simulations du plan
	4 quais de transferts à l'interface terre/mer pour les îles du Sud : OMR et autres flux	Marie-Galante	SYVADE	-	Existant
		La Désirade	SYVADE	-	Existant (mise en service prévue en 2015)
		Terre de Haut	SYVADE	-	En projet
		Terre de Bas	SYVADE	-	Existant
	Quai de transfert à l'interface mer/terre	Jarry	Quai d'arrivée des barges de transport des déchets des îles du Sud	Existant	Quai de transfert à l'interface mer/terre
	3 quais de transfert avec broyage déchets verts	Sainte-Rose	SITA	nc	Existant
		Trois-Rivières	SITA VERDE	nc	Existant
		Saint-François	-	nc	Existant
	Centre de tri	centre de tri mixte	Les Abymes (La Gabarre)	Ecodec	20 000 t

déchets non dangereux	1 centre de tri DAE	Baie-Mahault (Jarry)	Caribéenne de recyclage	30 000 t	Existant
	1 projet de centre de tri DAE	Trois-Rivières	société TRANSBRIS	3 500 t/an	Projet déposé Pas de date connue de mise en service
Plateforme de compostage	1 plateforme de compostage	Le Moule	SITA VERDE	25 000 t /an	Existant + projet extension 57 500 t/an
	1 plateforme de broyage et de compostage	Hermitage	SITA VERDE	10 000 t/an	Equipement existant déclaré mais utilisé uniquement pour du transfert et du broyage
	1 plateforme de compostage	A définir dans le secteur du Nord Basse-Terre	NC	10 000 t/an	Besoin évalué dans le cadre des simulations du plan
	3 plateformes de compostage	Marie-Galante, Terre-de-Bas et La Désirade	SYVADE		Réflexions en cours pour le dimensionnement 2016 – 2017 : 135 000 t/an
Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux	ISDND	Les Abymes (La Gabarre)	SYVADE		2018 – 2022 : à définir sous réserve DDAE du SYVADE et acceptation DEAL
	ISDND	Sainte-Rose	SITA	150 000 t/an en moyenne 300 000 t/an autorisée	Existant
	ISDND	La Désirade	SYVADE	/	Fermeture au démarrage du QT
Équipement de valorisation (en projet)	Equipement multifilières	Les Abymes (La Gabarre)	SYVADE	135 000 t/an	Projet annulé
	Projet pyrogazeification	Lamentin	Karu Energy	40 000 t biomasse + 15 000 t de CSR	Date de mise en service prévisionnelle : 2019
	Projet de méthanisation et de compostage	secteur Nord Grande-Terre	Grenier Paysan		Pas de date connue de mise en service

Annexe n° 2 : Propriétés exigentielles des Bois composites

BOIS COMPOSITES principales exigences (normes 15534-4, 5, 6)										
Propriétés recherchées		Lames et dalles de platelage norme NF EN 15534-4			Lames et plaques pour bardage et lambris norme NF EN 15534-5			Profilés et éléments pour clôtures norme NF EN 15534-6		
Polymère de base et type et teneur en matière cellulosique		À déclarer par le fabricant			À déclarer par le fabricant			À déclarer par le fabricant		
Propriétés physiques										
Glissance										
essai au pendule		valeur pendulaire ≥ 36	EN 15534-1							
ou essai sur plan incliné		Classe C (≥24)	EN 15534-1							
ou coefficient de frottement dynamique		≥ 0,43	EN 15534-1							
Masse linéique (lames)		à déclarer par le fabricant avec les tolérances associées			à déclarer par le fabricant avec les tolérances. Valeurs individuelles ≥95% de la valeur déclarée			à déclarer par le fabricant avec les tolérances. Valeurs individuelles ≥95% de la valeur déclarée		
épaisseur, longueur, largeur (lames)		à déclarer par le fabricant avec les tolérances associées			à déclarer par le fabricant avec les tolérances associées			à déclarer par le fabricant avec les tolérances associées		
écart de rectitude		à déclarer par le fabricant avec la tolérance associée			à déclarer par le fabricant avec la tolérance associée			à déclarer par le fabricant avec la tolérance associée		
Tuilage		à déclarer par le fabricant avec la tolérance associée			à déclarer par le fabricant avec la tolérance associée			à déclarer par le fabricant avec la tolérance associée		
Propriétés mécaniques										
Résistance au choc d'une masse tombante	Lame creuse	aucune des 10 éprouvettes de doit présenter de défaillance avec une longueur de fissure ≥ 10mm ou une profondeur d'empreinte résiduelle ≥ 0,5mm			Pas plus d'une éprouvette sur 10 ne doit présenter de défaillance			Pas plus d'une éprouvette sur 10 ne doit présenter de défaillance paramètres d'essai : H = 1 000 ± 5 mm Masse tombante: 500 ± 2g		
	lame pleine	aucune des 10 éprouvettes ne doit présenter de défaillance, avec une						Pas plus d'une éprouvette sur 10 ne doit présenter de défaillance		

		profondeur d'empreinte résiduelle $\geq 0,5\text{mm}$		paramètres d'essai : $H = 1\ 000 \pm 5$ mm Masse tombante: $500 \pm 2\text{g}$
Propriétés en flexion				
$F'_{\max} \geq 3\ 300$ N (valeur moyenne arithmétique)		Portée d'utilisation déclarée par le fabricant		Déclaration du module d'élasticité en flexion et de la résistance en flexion paramètres d'essai: portée: 20 fois l'épaisseur h de l'éprouvette et portée $l_1 \geq 100$ mm
$F'_{\max} \geq 3\ 000$ N (valeurs individuelles)				
Flèche sous une charge de $500\text{ N} \leq 2,0$ mm (valeur moyenne arithmétique)			Flèche sous une charge de $250\text{ N} \leq 5,0$ mm (valeur moyenne arithmétique), portée d'utilisation déclarée par le fabricant	
Flèche sous une charge de $500\text{ N} \leq 2,5$ mm (valeurs individuelles)				
Comportement au fluage				
Portée d'utilisation connue				
$\Delta_s \leq 10$ mm pour la valeur moyenne arithmétique $\Delta_s \leq 13$ mm pour les valeurs individuelles $\Delta_{sr} \leq 5$ mm pour la valeur moyenne arithmétique		Portée d'usage déclarée par le fabricant		
Portée d'utilisation inconnue				
$C_f \leq 6$ et CV (coefficient de variation) $\leq 15\%$ $E_{rc} \geq 30\%$ et CV (coefficient de variation) $\leq 15\%$				

Classe d'emploi et occurrence d'agents biologiques définies ci-après						
<i>Classe d'emploi</i>	<i>situation de service</i>	<i>agents biologiques</i>	<i>situation de service</i>	<i>agents biologiques</i>	<i>situation de service</i>	<i>agents biologiques</i>
2			Utilisation à l'intérieur ou emplacement couvert	aucun		
3	Utilisation à l'extérieur, au-dessus du sol	Basidiomycètes	Utilisation à l'extérieur, au-dessus du sol	Basidiomycètes	Utilisation à l'extérieur, au-dessus du sol	Basidiomycètes
4	Utilisation à l'extérieur, en contact avec le sol	Micro-organismes de pourriture molle			Utilisation à l'extérieur, en contact avec le sol	Micro-organismes de pourriture molle
Résistance aux agents biologiques						
Résistance aux champignons basidiomycètes	Le résultat d'essai doit être déclaré		Le résultat d'essai doit être déclaré		Le résultat d'essai doit être déclaré	
Résistance aux micro-organismes de pourriture molle						
Durabilité des produits vis-à-vis du vieillissement et de l'humidité						
Résistance au vieillissement climatique artificiel	ΔL^* , Δa^* et Δb^* doivent être déclarés		Résistance au vieillissement climatique artificiel	ΔL^* , Δa^* et Δb^* doivent être déclarés, critères d'aspect, tels que définis par le fabricant	ΔL^* , Δa^* et Δb^* doivent être déclarés	
Résistance à l'humidité dans des conditions d'essai cyclique	Diminution moyenne de la résistance à la flexion $\leq 20\%$ Diminution individuelle de la résistance à la flexion		Résistance à l'humidité dans des	flèche sous charge 250N $\leq 6,0\text{mm}$ (valeur moyenne)	Diminution moyenne de la résistance à la flexion $\leq 20\%$ de la valeur initiale Diminution individuelle de la	

	≤ 30 %	conditions d'essai cyclique (classe d'emploi 3)	Portée d'usage déclarée par le fabricant	résistance à la flexion ≤ 30 % de la valeur initiale
Gonflement et absorption d'eau (classe d'emploi 3 ou 4)	1) Gonflement moyen ≤ 4 % en épaisseur ≤ 0,8 % en largeur ≤ 0,4 % en longueur 2) Gonflement individuel ≤ 5 % en épaisseur ≤ 1,2 % en largeur ≤ 0,6 % en longueur 3) Absorption d'eau moyenne ≤ 7 % en masse 4) Absorption d'eau individuelle ≤ 9 % en masse	Gonflement et absorption d'eau (classe d'emploi 2 ou 3)	gonflement moyen ≤ 10% en épaisseur, ≤ 1,5% en largeur, ≤ 0,6% en longueur, individuel ≤ 12% épaisseur, ≤ 2% largeur, ≤ 1,2% longueur absorption d'eau moyenne ≤ 8% en masse, individuelle ≤ 10% en masse	
Essai d'ébullition (à des fins de contrôle en production)	1) Absorption d'eau moyenne ≤ 7 % en masse 2) Absorption d'eau individuelle ≤ 9 % en masse	Essai d'ébullition (à des fins de contrôle en production)	1) Absorption d'eau moyenne ≤ 7 % en masse 2) Absorption d'eau individuelle ≤ 9 % en masse	
Résistance au vieillissement naturel	La diminution de la résistance à la flexion doit être déclarée. ΔL^* , $\Delta \alpha^*$, Δb^* ΔE^* ou l'évaluation en échelle de gris doivent être déclarés. La variation du module d'élasticité en flexion doit être déclarée. Les critères d'aspect, tels que définis par le fabricant. Le lieu et les conditions d'exposition doivent être déclarés			

Propriétés thermiques

Coefficient de dilatation thermique linéique

$$\leq 50 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

Coefficient de dilatation thermique linéique (classe d'emploi 3) $\leq 50 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

$$\leq 50 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

Marquage

Référence à la présente partie de l'EN 15534 Polymère de baseType de matière cellulosique a Teneur moyenne en matière cellulosique (%)Classe d'emploi b selon les conditions environnementales

Référence à la présente partie de l'EN 15534 Polymère de baseType de matière cellulosique a Teneur moyenne en matière cellulosique (%)Classe d'emploi b selon les conditions environnementales

Annexe n°3 : Fabricants de machines pour la production de bois composite.

Dans le cadre de la production de bois composite il faut :

- Des machines pour la préparation du bois
- Des machines plus spécifiques pour la production du bois composite

Les machines pour la préparation du bois sont des machines classiques de l'industrie du bois divisé (panneaux, pellets,...) mais en format miniature comparé à celles en place dans l'industrie des panneaux à base de bois.

Les machines pour la fabrication du bois composite sont les mêmes types de machines que celles utilisées pour la production de plastique par extrusion.

Le tableau ci-dessous donne une idée des fabricants existants (liste non exhaustive) pour les machines pour la préparation du bois et l'extrusion.

Type de machines	fabricants	Coordonnées (téléphone et site)	capacités
<u>Broyeurs à couteaux</u>	Pallmann Maschinen Fabrik GmbH&Co.KG	+49 6332 8020 www.pallmann.eu	Capacités diverses
	UNTHA shredding technology GmbH	+43 6244 7016 68 www.untha.com	Untha LR 1000/1400 : 12 m ³ /semaine
	B. Maier Zerkleinerungstechnik GmbH - Dieffenbacher Group	+49 521 584943-20 www.dieffenbacher.de	Capacités diverses
	Retsch France, Verder S.A.R.L.	+33 1 34642953 www.retsch.fr	Capacités diverses
<u>Broyeurs à marteaux</u>	Promill	+33 (0)2 37 38 91 93 www.promill.fr	55 m ³ /semaine
	Pallmann Maschinen Fabrik GmbH&Co.KG	+49 6332 8020 www.pallmann.eu	Capacités diverses
	B. Maier Zerkleinerungstechnik GmbH - Dieffenbacher Group	+49 521 584943-20 www.dieffenbacher.de	Capacités diverses
<u>Séchoirs</u>	NEW eco-tec Verfahrenstechnik GmbH	+49 (0)8631 18 549 www.new-eco-tec.com	Séries WT-HS : Capacités de 950 à 4 830 kg/h
	Valtorta S.r.l.	+39 030 313190 www.valtortamixer.com	Non connue
<u>Système de dosage des composants</u>	Engin Plast srl	+39 0532 897178 www.enginplast.com	Capacités en fonction des demandes
<u>Transport et systèmes de décharge</u>	GIMAT srl	+39 051 799573 www.gimatengineering.com	Dimensionnement en fonction de la demande
<u>Extrudeuses</u>	Bausano	+39 0331 365770 www.bausano.com	Minimum de production : 150 kg/h
	BATTENFELD-CINCINNATI Représenté par : Battenfeld-cincinnati Austria GmbH	+43 (1) 61 006-0 www.battenfeld-cincinnati.com	Minimum de production : 150 à 200 kg/h
	F.LLI MARIS S.P.A	+39 011 9567925 www.mariscorp.com	Fabrication en 2 étapes : compound et extrusion