



Pr. Cristel ONESIPPE POTIRON
Professeur des Universités
cristel.onesippe@univ-antilles.fr



Thématique de recherche ancrée dans le développement de nos territoires:
VALORISATION des RESSOURCES VEGETALES LOCALES dans les matériaux

Symposium
Caribéen et Amazonien
sur
Les matériaux durables

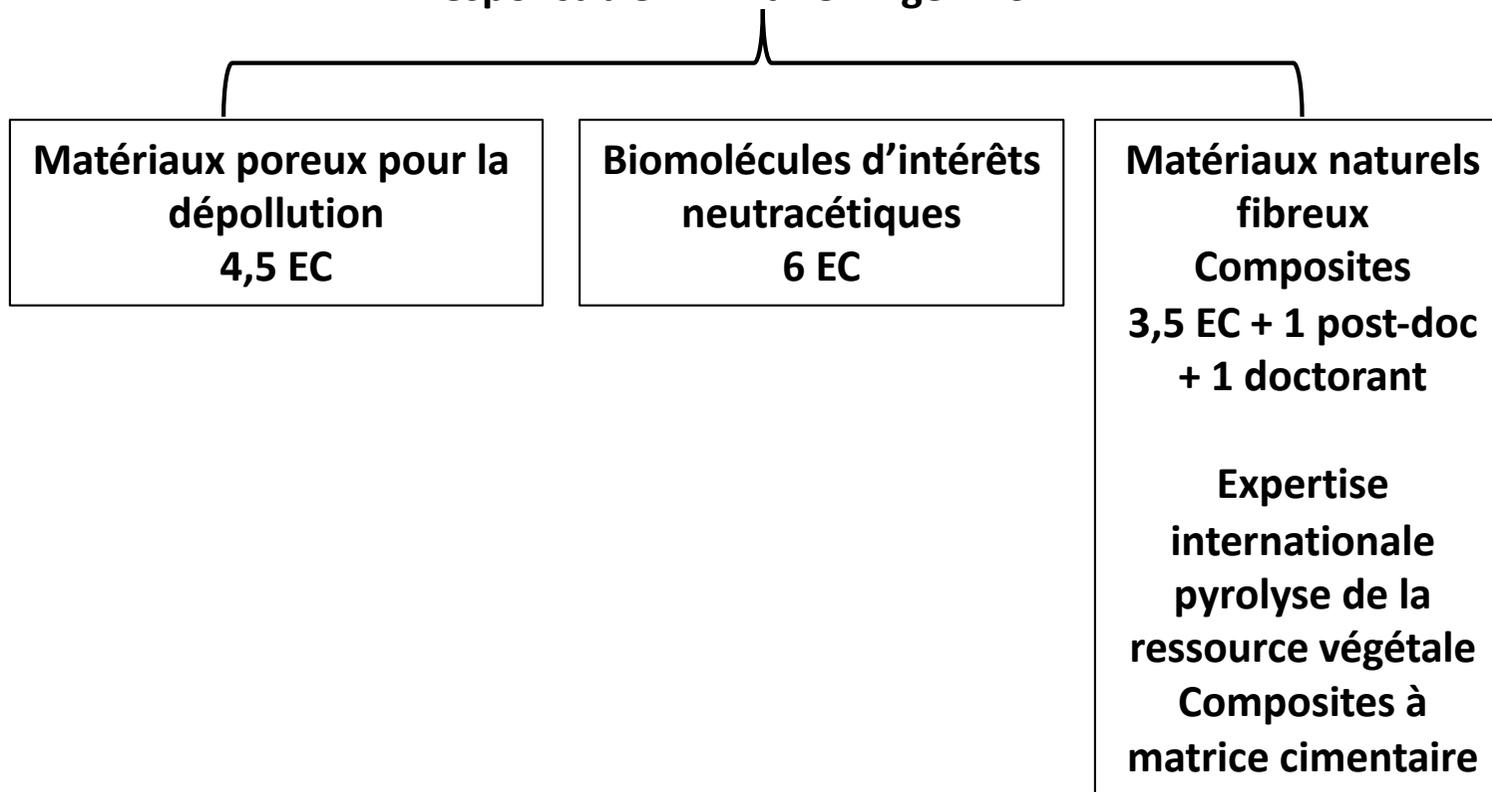
26 au 30 juin 2023
Hôtel Langley Resort Fort Royal
Guadeloupe

ORDRE DES ARCHITECTES
ActionLogement
RECONNU D'UTILITÉ SOCIALE

Thématique de recherche ancrée dans le développement de nos territoires: VALORISATION des RESSOURCES VEGETALES LOCALES dans les matériaux



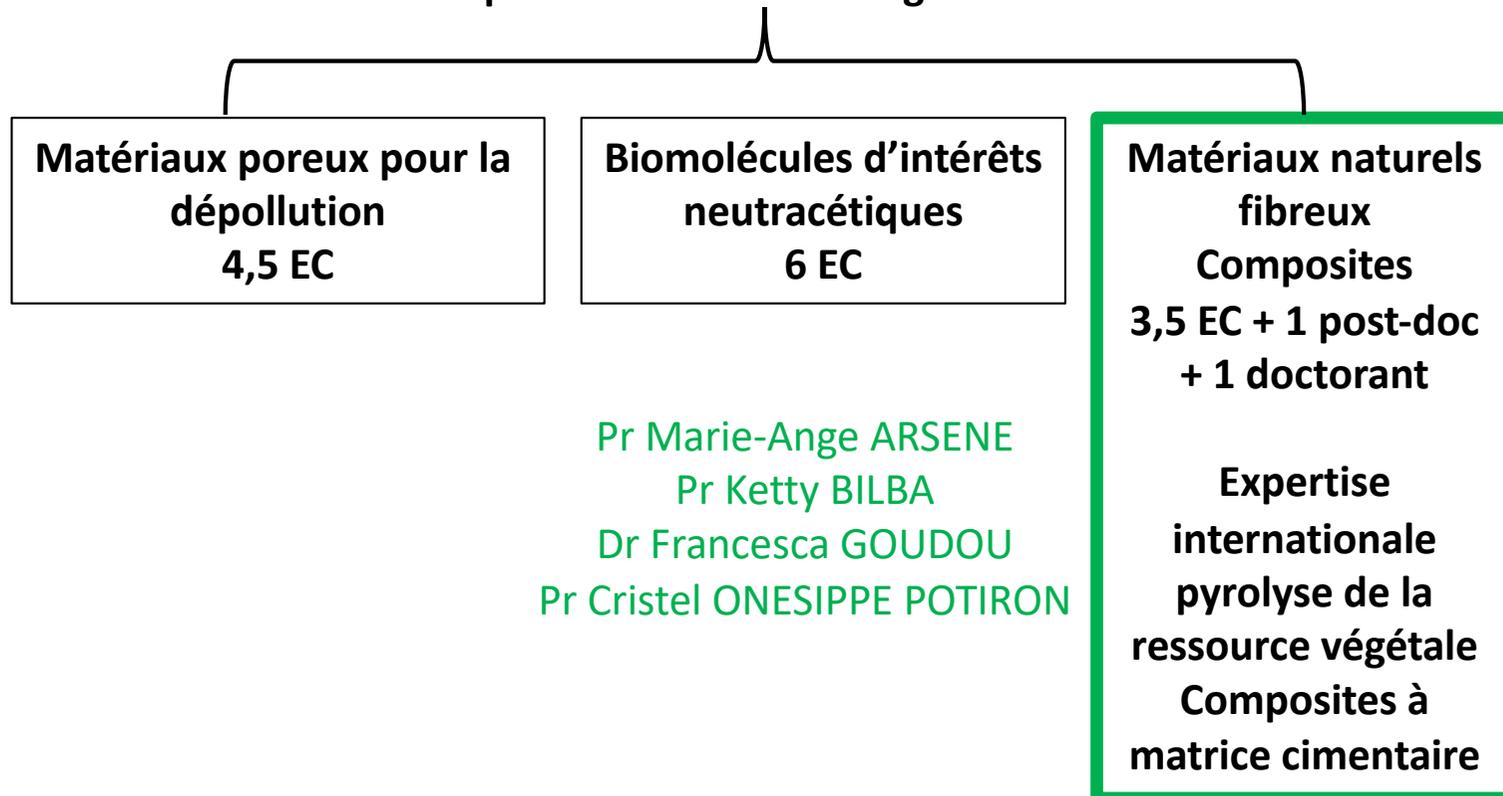
Equipe de recherche Connaissance et valorisation: Chimie des matériaux, Environnement, Energie
15 enseignants-chercheurs
Responsable: Pr Marie-Ange ARSENE



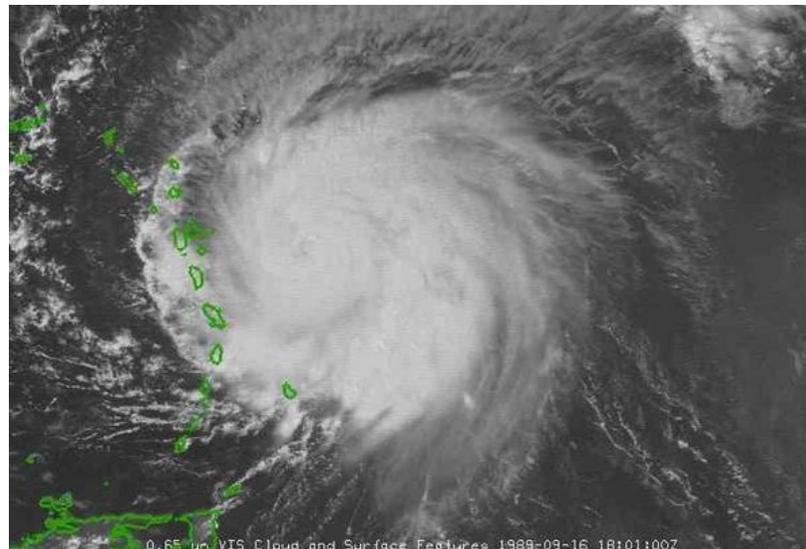
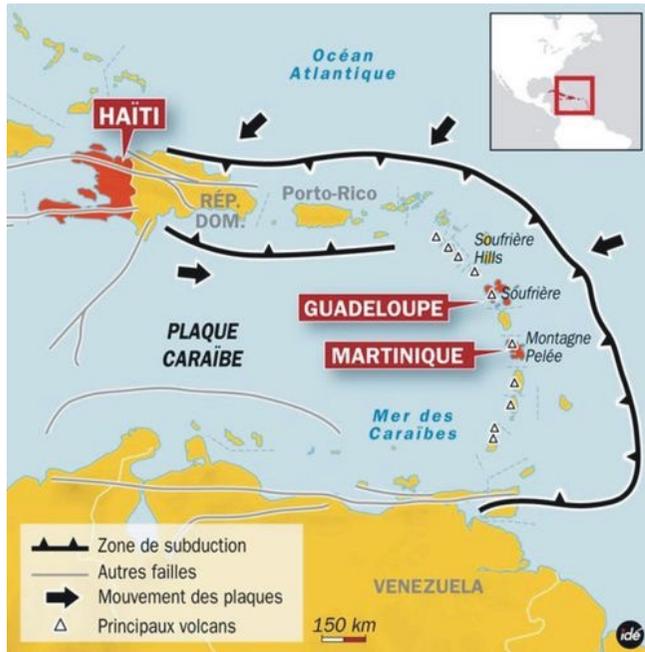
Thématique de recherche ancrée dans le développement de nos territoires:
VALORISATION des RESSOURCES VEGETALES LOCALES dans les **matériaux**
composites pour la construction et l'habitat



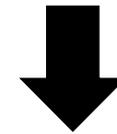
Equipe de recherche Connaissance et valorisation: Chimie des matériaux, Environnement, Energie
15 enseignants-chercheurs
Responsable: Pr Marie-Ange ARSENE



Contexte et enjeux de notre thématique de recherche



**Constructions
traditionnelles
en bois**



**Constructions
« modernes » en
béton**

Contexte et enjeux de notre thématique de recherche

Constructions en béton



!!! CLINKER !!!

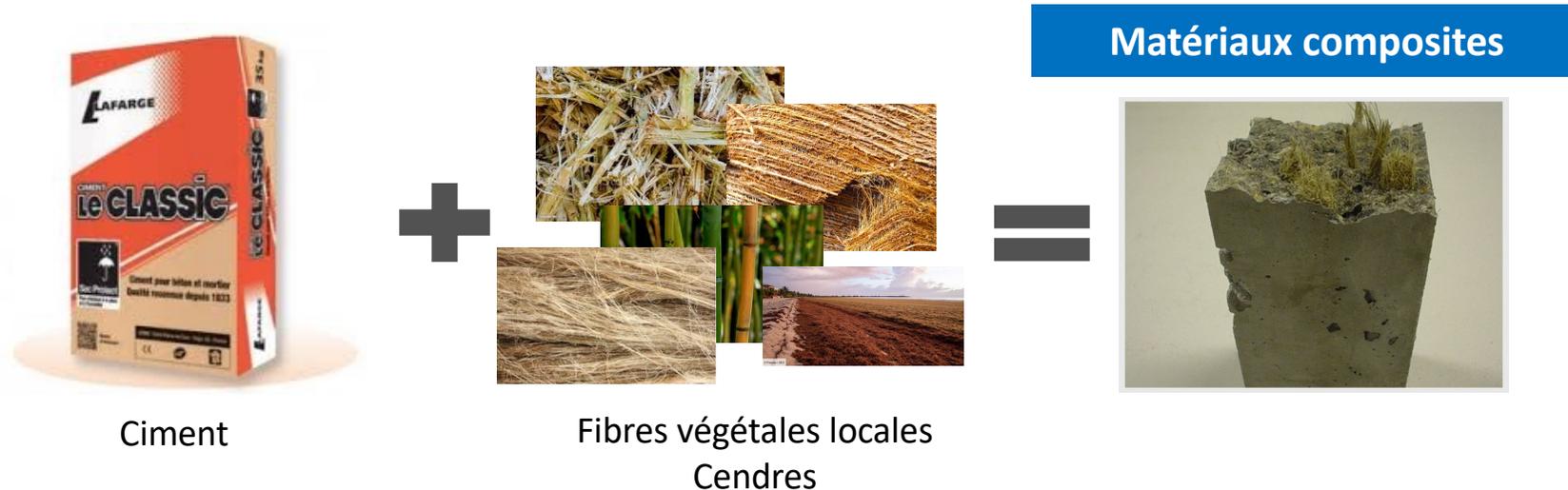
Coût environnemental: fabrication polluante: 1 tonne produite = 0,866 tonne de CO₂

Coût carbone: acheminement en Gpe depuis la Colombie, le Venezuela, Rép. Dominicaine, ... **193 762 tonnes importées en 2020** soit l'équivalent de 5 vraquiers de 50 000 tonnes, **1 à 2 kg équivalent carbone pour 1000 km de fret maritime**

Coût énergétique: ciment = matériau à inertie thermique +++ → climatisation pour améliorer le confort thermique soit **0,0338€ par heure d'utilisation**

Une de nos propositions d'axe de recherche

REDUIRE LA PROPORTION DE CIMENT DANS LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION



➔ Concevoir, élaborer et caractériser des matériaux composites légers, à haute performance (propriétés mécaniques, thermiques, acoustiques, hydriques maîtrisées et compétitives)

In fine: matériaux recyclables, minimum d'impact environnemental, réduction du coût de la matière, amélioration du confort thermique et de la performance énergétique, ...

REDUIRE LA PROPORTION DE CIMENT DANS LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION

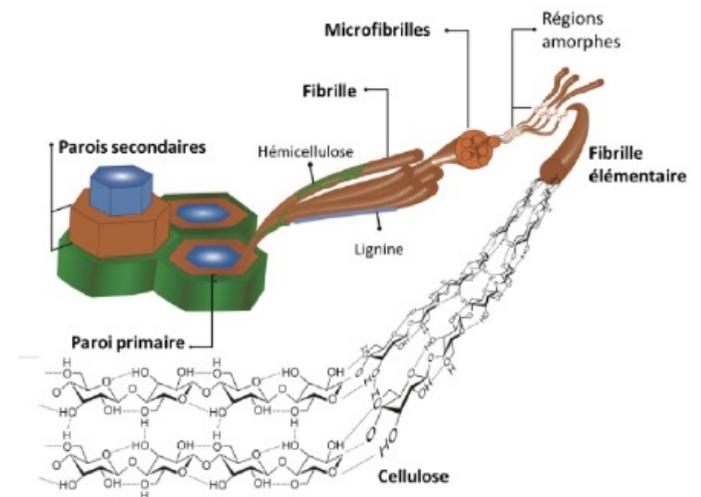
Combinaison du ciment à des fibres végétales dans les matériaux composites

Avantages des fibres végétales

- Disponibles car renouvelables
- Dégradables, compostables, recyclables (Baley, 2020)
- Bon marché (faible coût de production)
- Légères
- Résistance spécifique et rigidité élevées à masse équivalente (John & Thomas, 2008)

Limitations des fibres végétales

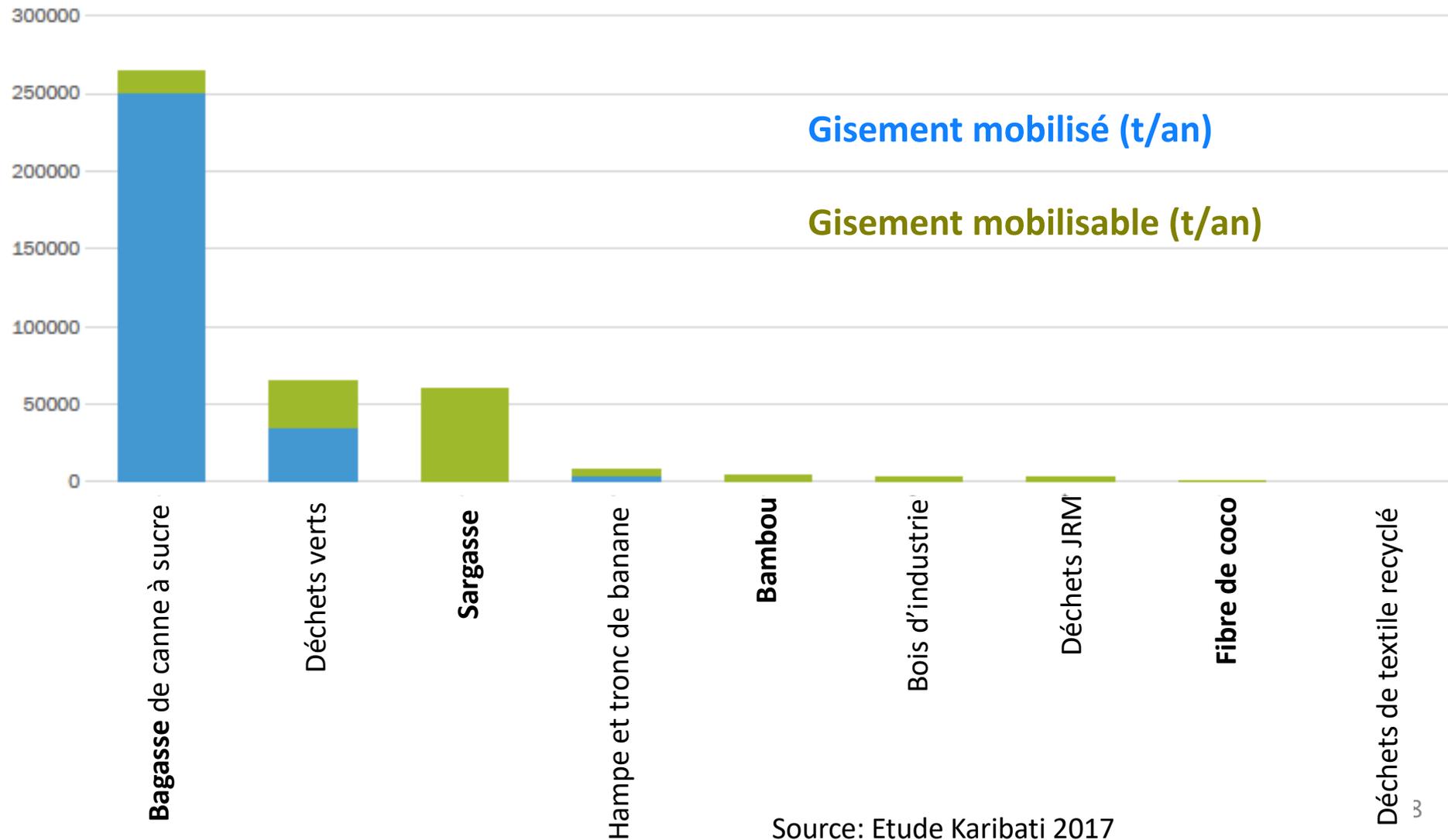
- Grande dispersion de leurs propriétés mécaniques (John & Thomas, 2008)
- Hygroscopiques



Une de nos propositions d'axe de recherche

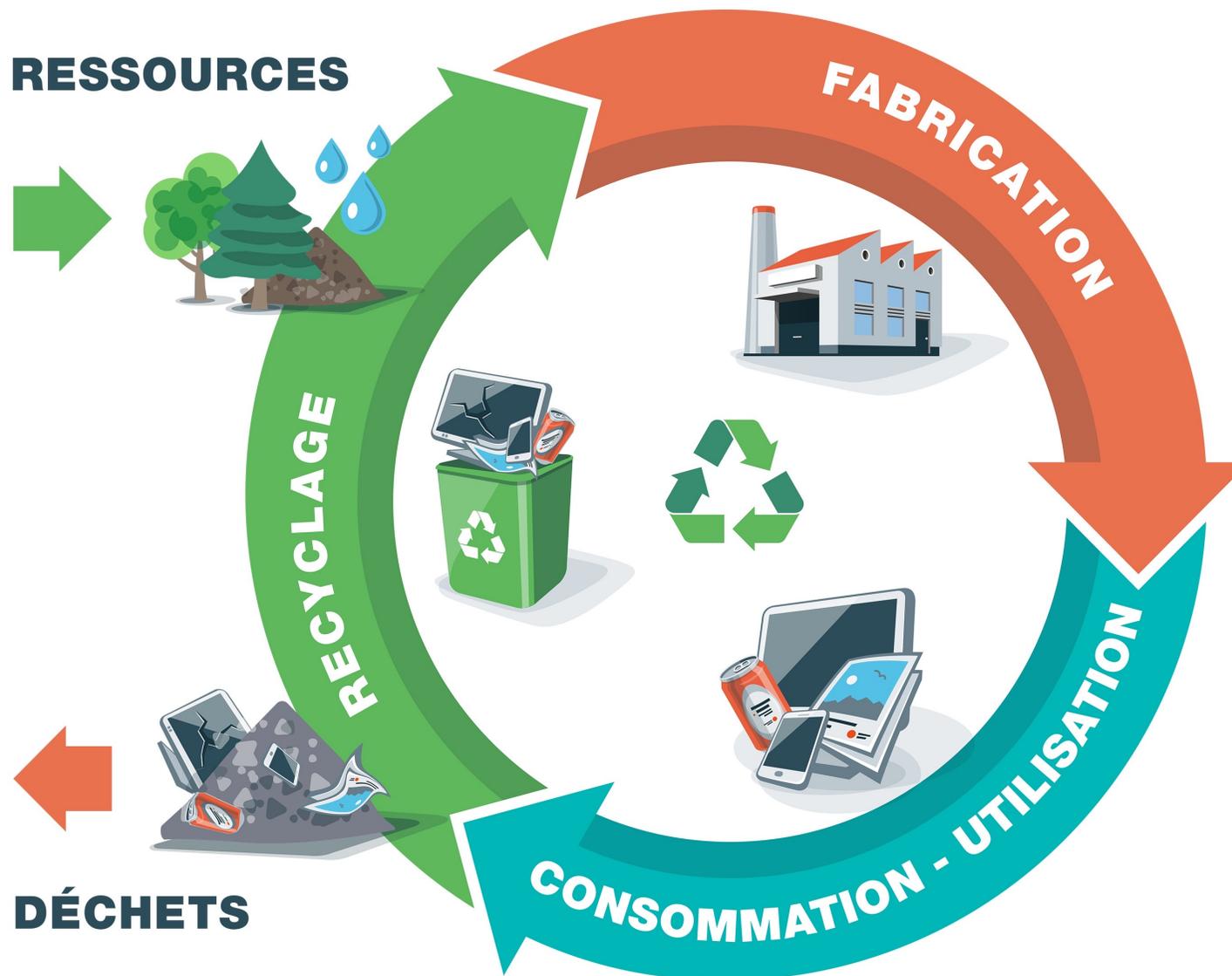
REDUIRE LA PROPORTION DE CIMENT DANS LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION

Potentiel guadeloupéen en bioressources pour la construction (t/an) 2017



Source: Etude Karibati 2017

ÉCONOMIE CIRCULAIRE



FORMULATION ET CARACTÉRISATIONS THERMIQUE, HYDRIQUE DE COMPOSITES FIBRES DE BAGASSE/LIANT MINÉRAL

Marie-Ange ARSENE, Ketty BILBA, Cristel ONESIPPE POTIRON

ISO CFV

Développement d'isolants thermiques à base de fibres végétales: ISO CFV (n°32524)



C. Onésippe Potiron, K. Bilba, A. Zaknoute and M.-A. Arsène, 2021. Auto-coherent homogenization applied to the assessment of thermal conductivity : case of sugar cane bagasse fibers and moisture content effect. *Journal of Building Engineering*, 33, 101537

Journal of Building Engineering 33 (2021) 101537



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Journal of Building Engineering

journal homepage: <http://www.elsevier.com/locate/jobe>



Auto-coherent homogenization applied to the assessment of thermal conductivity: Case of sugar cane bagasse fibers and moisture content effect

Cristel Onésippe-Potiron^{*}, Ketty Bilba, Atika Zaknoute, Marie-Ange Arsène

Université des Antilles, Laboratoire COVACHIM-M2E EA 3592, UFR SEN, Campus de Fouillole, BP 250 97157, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, France

ARTICLE INFO

Keywords:

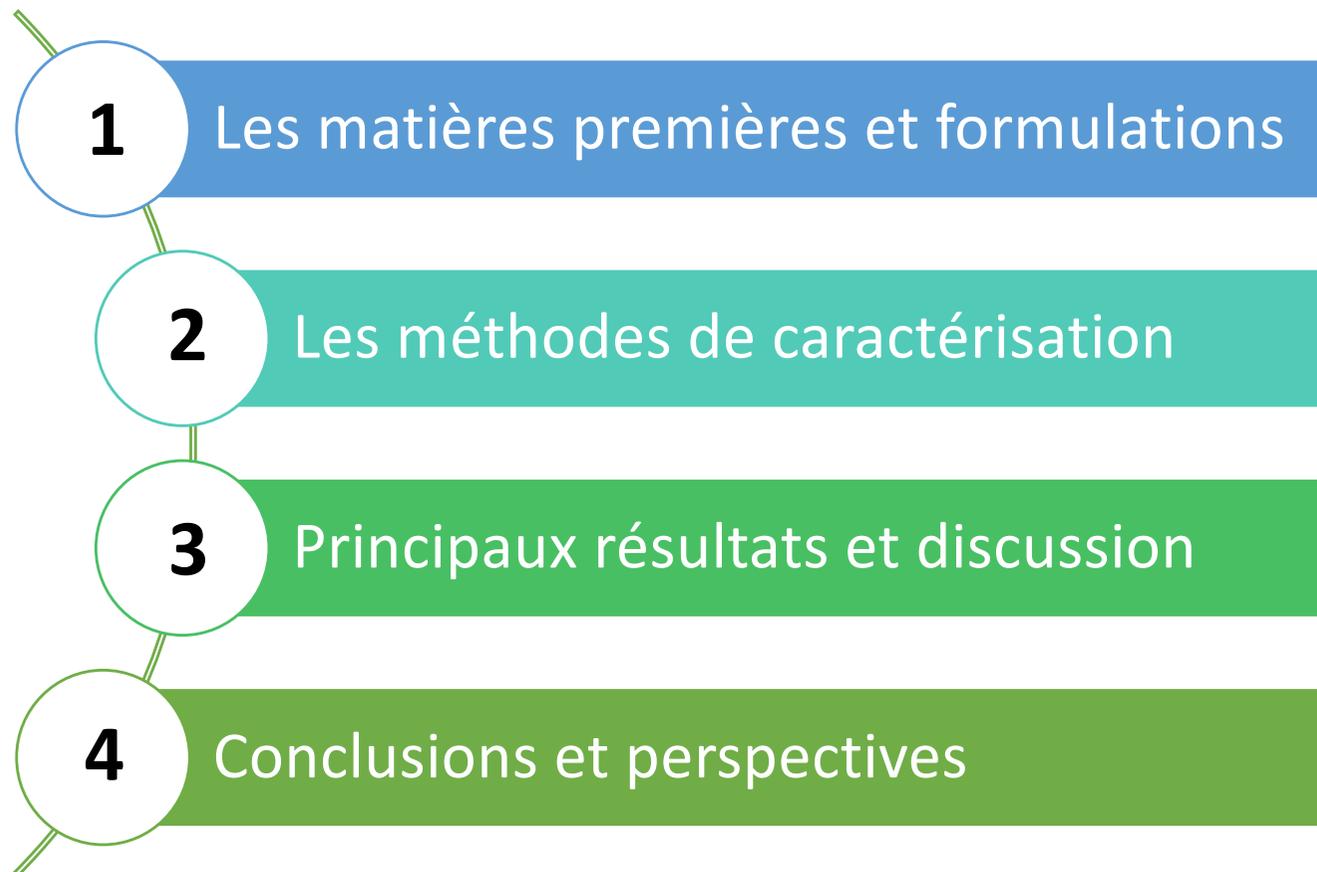
Natural fibers
Thermal properties
Cement composites
Auto
Coherent homogenization
Moisture content

ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate the thermal conductivity of sugar cane bagasse fibers when they reinforce vegetable fibers/cement composites using auto-coherent homogenization. The moisture content effect on the thermal conductivity of composites is also studied. When the fiber content increases, porosity increases according to a linear rule and bulk density and thermal conductivity of composites decrease. When the moisture content grows, the thermal conductivity of composites increases. When applying auto-coherent homogenization, in dry state, results show a gap of less than 10% between experimental and modeled values of composites thermal conductivity and a mean sugar cane bagasse fibers thermal conductivity of 0.110 W/m.K. In wet state (56% RH), there is an approximate agreement of 1,4% between estimated and experimental values of thermal conductivity of composites up to 4 wt% of fibers content.

FORMULATION ET CARACTÉRISATIONS THERMIQUE, HYDRIQUE DE COMPOSITES FIBRES DE BAGASSE/LIANT MINÉRAL

Plan de la présentation

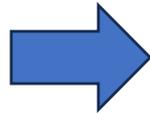


1- Les matières premières

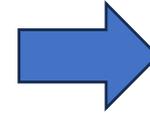
FIBRES VÉGÉTALES (NBF): BAGASSE DE CANNE À SUCRE



Saccharum officinarum



Bagasse



Bagasse broyée et tamisée
Longueur = 1-10 mm
Largeur = 0,4-1 mm
« NBF »

Composition botanique:

Cellulose wt %	Hemicellulose wt %	Lignin wt %	Extractives wt %	Humidity wt %	Sum (except humidity) wt %
48.68	25.46	21.94	3.92	7.50	100

1- Les matières premières

LE LIANT: CIMENT COMMERCIAL



CEM I

Composition chimique et quelques caractéristiques physiques de CEMI

Content wt %						
SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MgO
21.45	0.22	4.08	65.05	0.06	0.20	0.49
Loss on ignition (wt %)						
1.45						
Bulk density (g/cm³)						
3.08						
Median particle size (µm)						
15.70						
Specific area (cm²/g)						
4200						

1- Les formulations

Composites	Binder	NBF/binder ratio (by mass)	Water/binder ratio (by mass)	Mass (g) relative to 1000 g of cement paste		
				NBF	CEMI	Water
L (without fibers)	1	0	0.4	0	704	296
LFN1	1	0.02	0.60	12.3	617.3	370.4
LFN2	1	0.03	0.60	18.4	613.5	368.1
LFN3	1	0.04	0.60	24.4	609.8	365.8
LFN4	1	0.05	0.60	30.3	606.1	363.6
LFN5	1	0.08	0.60	47.6	595.2	357.2



6 formulations

CEMI + EAU = L (référence)

CEMI + EAU + NBF (2 à 8% pds) = LFN

1- Les formulations

ÉLABORATION



Malaxeur



Moules 4x4x16 cm³



Table à chocs

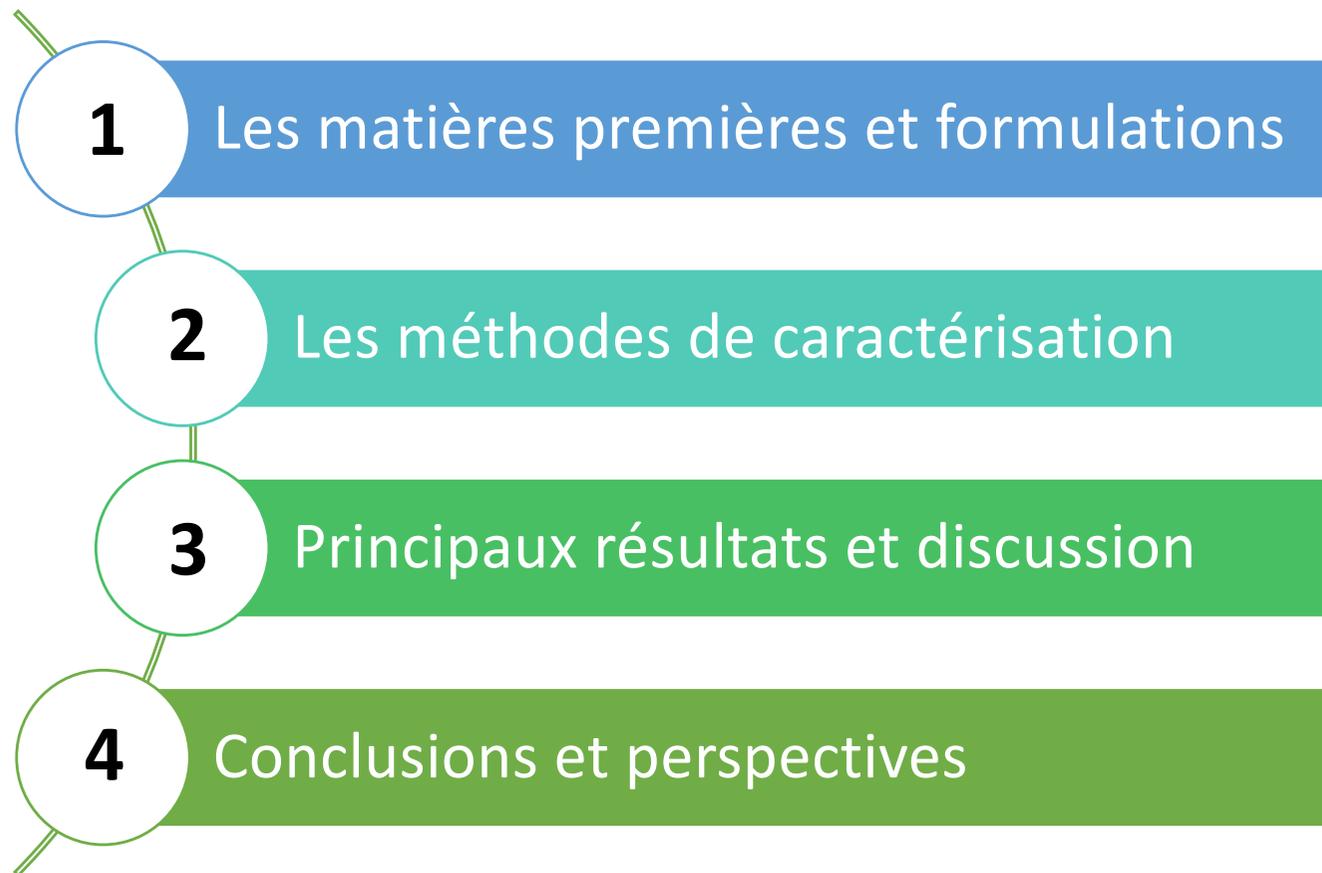


Echantillons

Mixing sequence	Time
Adding the pre-wetted binder in the mixing container	0
Mixing the binder at slow speed (140 rpm)	30 s
Adding the rest of the water	30 s
Mixing at high speed (285 rpm)	2 min
Progressive addition of vegetable fibers	2 min
Mixing at high speed (285 rpm)	5 min

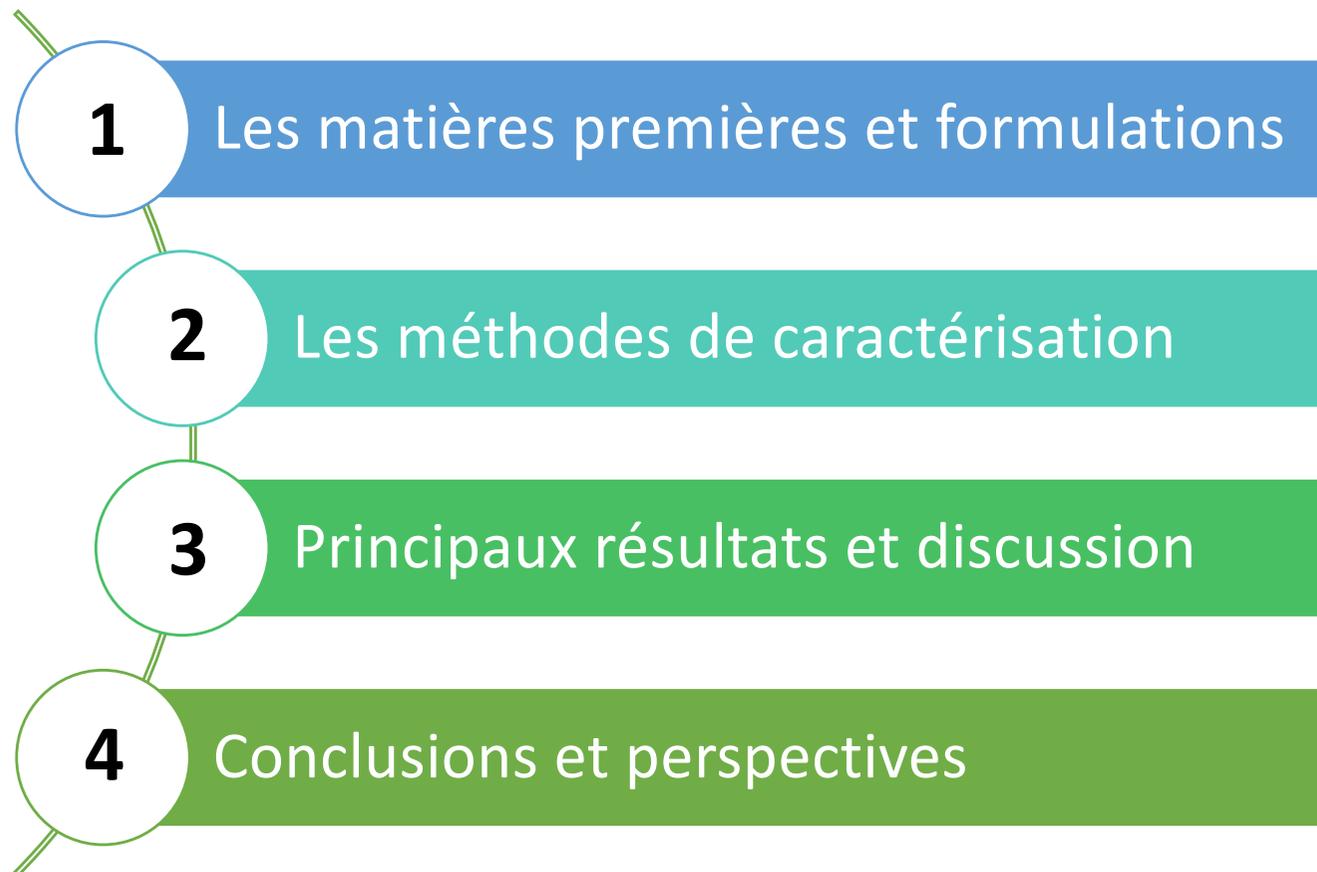
FORMULATION ET CARACTÉRISATIONS THERMIQUE, HYDRIQUE DE COMPOSITES FIBRES DE BAGASSE/LIANT MINÉRAL

Plan de la présentation



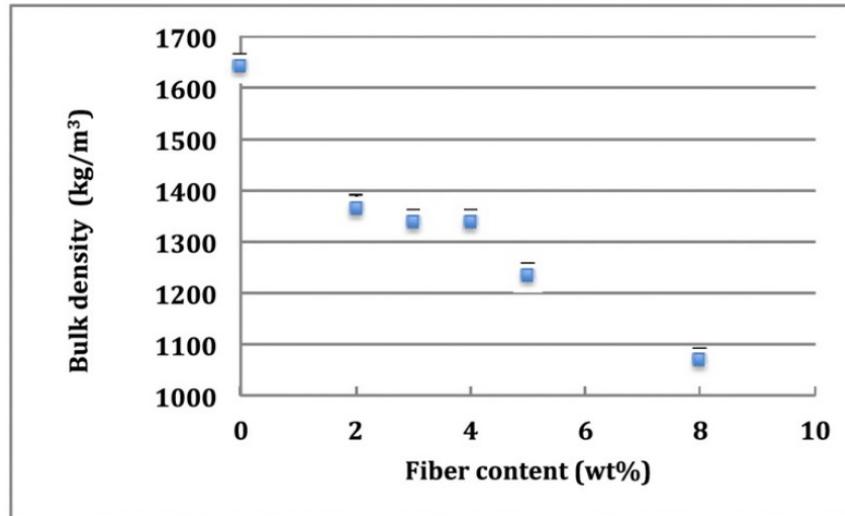
FORMULATION ET CARACTÉRISATIONS THERMIQUE, HYDRIQUE DE COMPOSITES FIBRES DE BAGASSE/LIANT MINÉRAL

Plan de la présentation



3- Principaux résultats et discussion

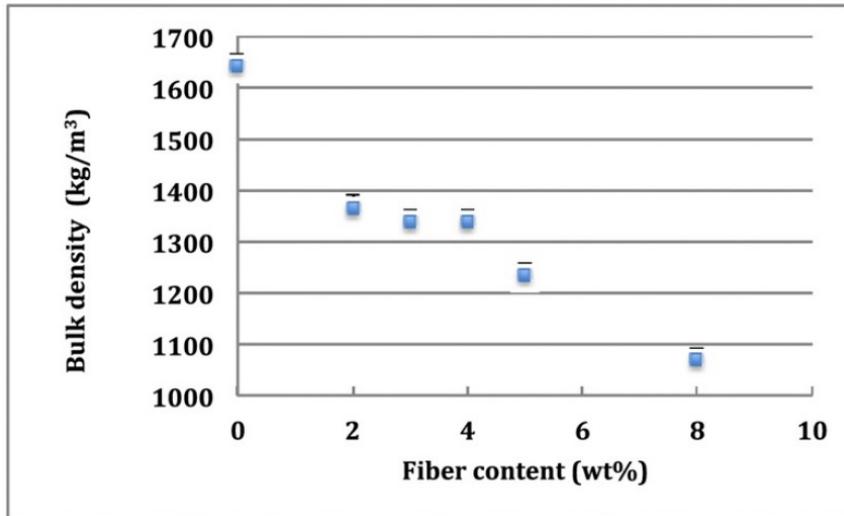
MASSE VOLUMIQUE SÈCHE APPARENTE



→ Plus la teneur en FV est élevée et plus la masse volumique apparente du matériau composite est faible (Savastano Junior et al., 2000)

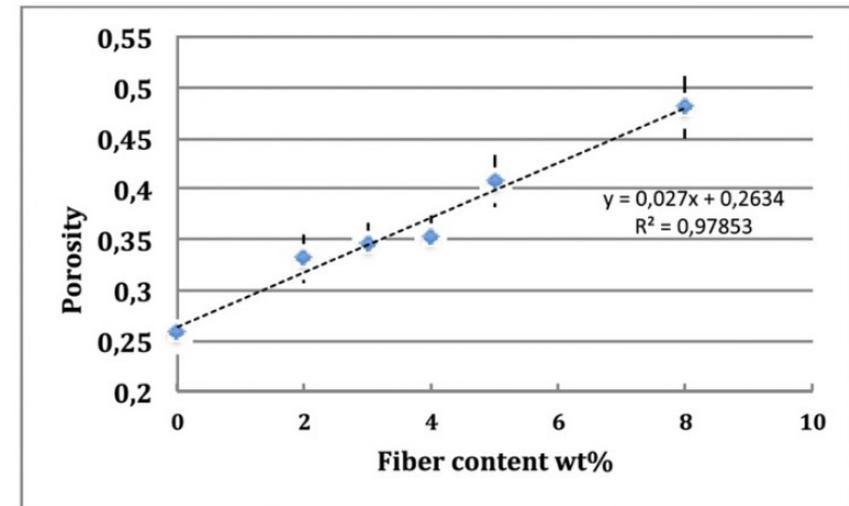
3- Principaux résultats et discussion

MASSE VOLUMIQUE SÈCHE APPARENTE



→ Plus la teneur en FV est élevée et plus la masse volumique apparente du matériau composite est faible (Savastano Junior et al., 2000).

POROSITÉ OUVERTE



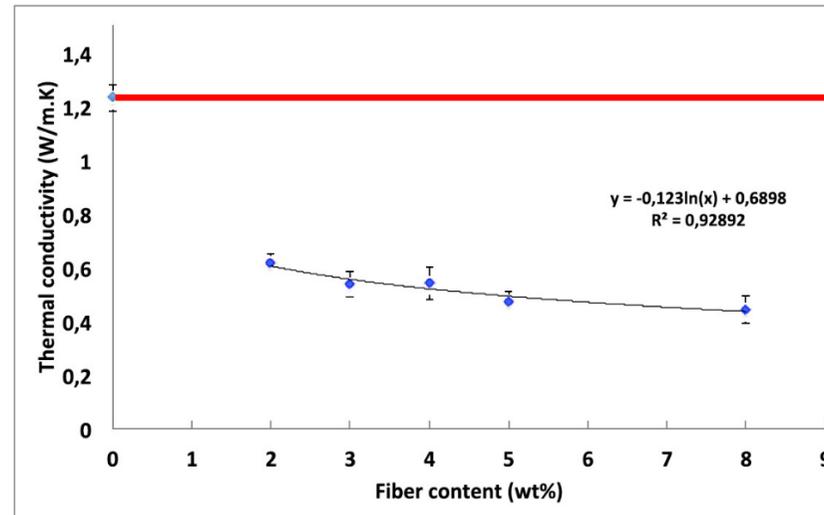
→ Plus la teneur en FV est élevée et plus la porosité ouverte du matériau composite est élevée.

Ceci étant lié à l'introduction de vides d'air lors de l'ajout des NBF poreuses et non alignées dans la pâte cimentaire (Khedari et al., 2001).

→ Teneur optimale en NBF = 8% pds

3- Principaux résultats et discussion

CONDUCTIVITÉ THERMIQUE λ (W/m.K) À L'ETAT SEC (HR = 0%)



λ ciment (Dermiboga, 2007)

→ L'ajout de FV diminue la λ de la matrice d'un facteur 2 dès l'introduction de 2% pds de NBF.

→ La λ est inversement proportionnelle aux vides dans le matériau composite (Asadi et al., 2018)

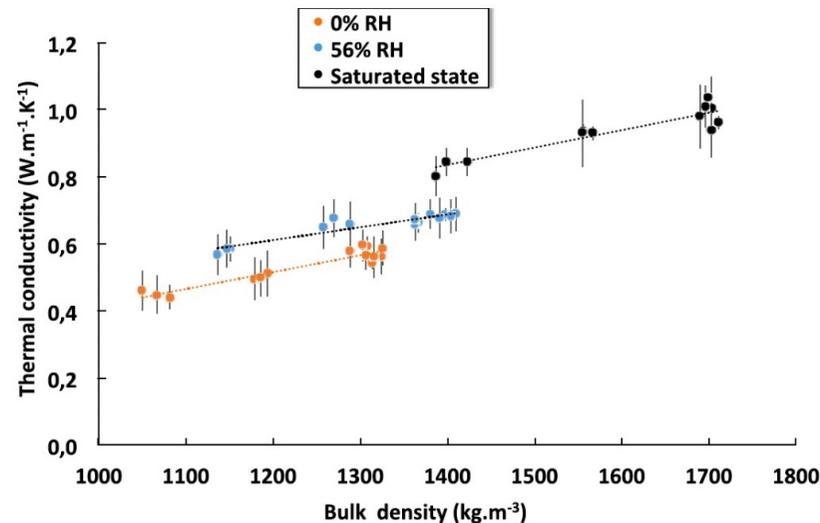
→ $k = 0,0005\rho - 0,0924$ ($R^2 = 0,78267$) **Equation 2**
où k est la conductivité thermique et ρ la masse volumique apparente

Équation 2 cohérente avec les équations classiques pour évaluer la conductivité thermique des matériaux isolants dans le bâtiment (Asadi et al., 2018)

→ **NBF = matériau isolant thermique**

3- Principaux résultats et discussion

SENSIBILITÉ DE LA CONDUCTIVITÉ THERMIQUE λ À LA TENEUR EN HUMIDITÉ



→ Quelque soit l'HR, plus le matériau composite est léger et meilleur est son pouvoir isolant

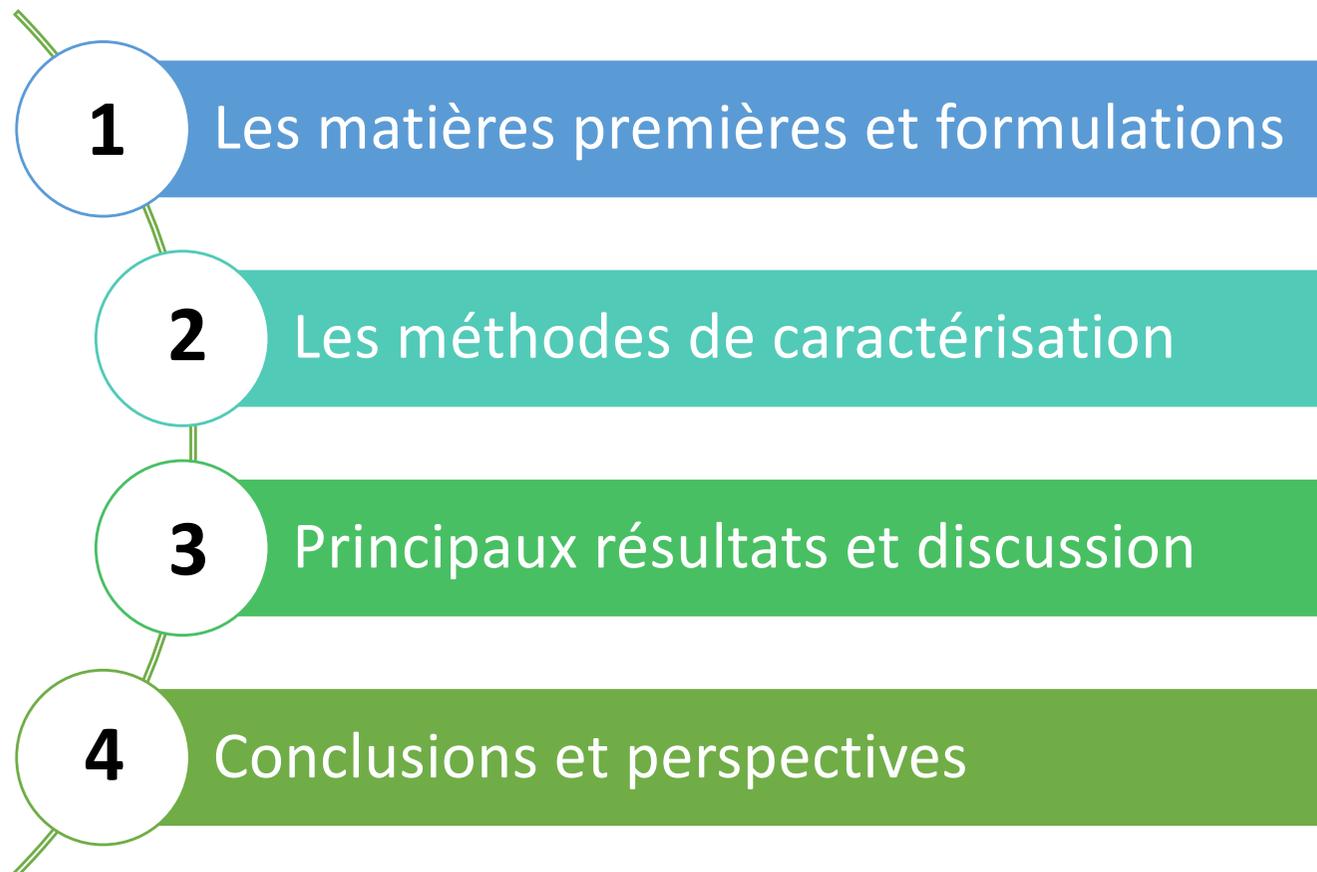
→ A l'état saturé, λ est plus élevée qu'à l'état sec du fait de la λ de l'eau qui est 25 fois plus élevée que celle de l'air

En Guadeloupe, HR moyenne = 70 - 80%

Or, lorsque HR augmente, il y a une augmentation de la masse volumique des matériaux composites donc une augmentation de leur λ .

FORMULATION ET CARACTÉRISATIONS THERMIQUE, HYDRIQUE DE COMPOSITES FIBRES DE BAGASSE/LIANT MINÉRAL

Plan de la présentation

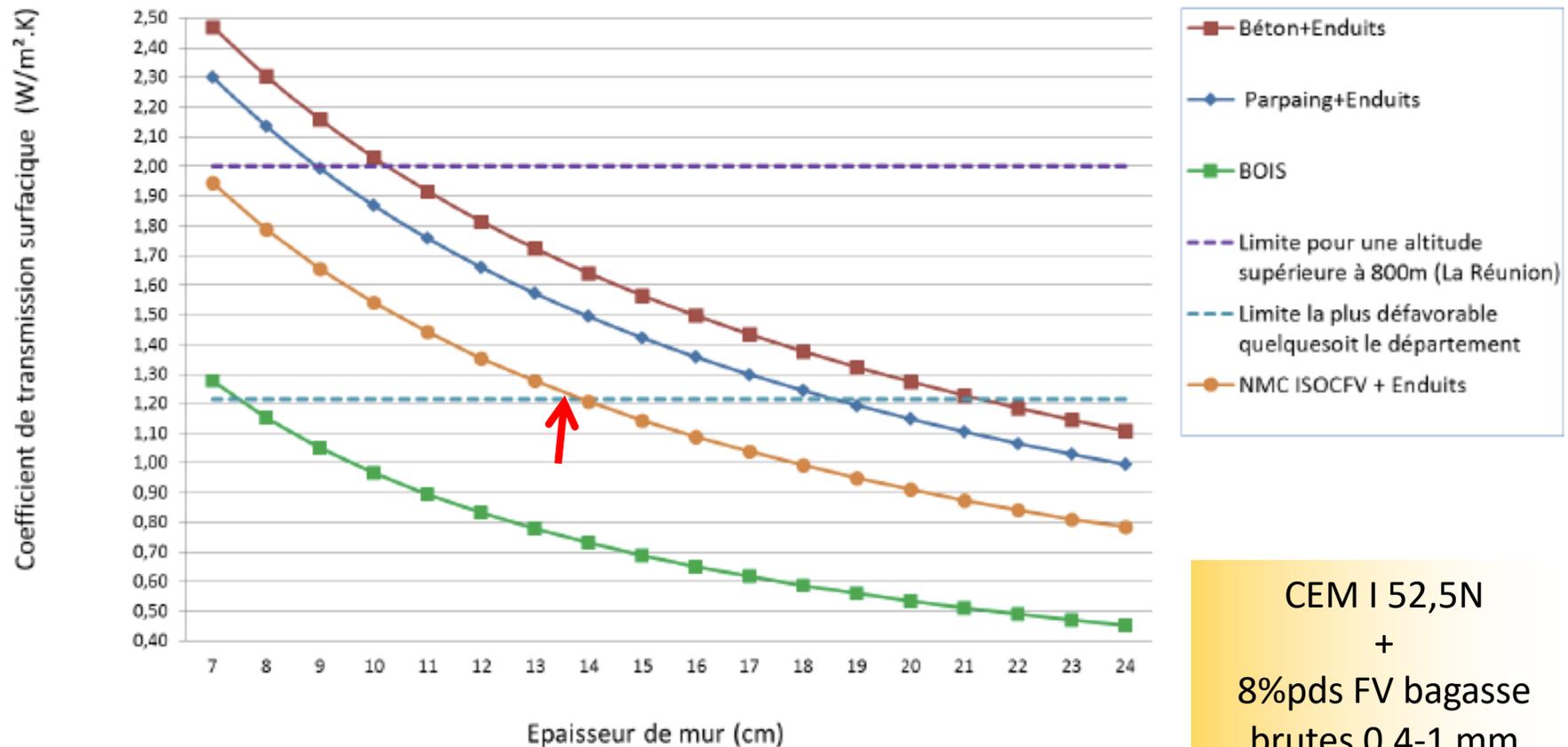


4-Conclusions

- Les matériaux composites fibres de bagasse/ciment présentent de faibles conductivités thermiques
- L'étude montre que la conductivité thermique de tels composites dépend à la fois du ratio massique fibres/liant et de la teneur en humidité relative.
- Les meilleures propriétés d'isolation sont obtenues pour un composite contenant 8% en poids de fibres de bagasse non traitées.

4-Conclusions

Coefficient de transmission surfacique U en fonction de l'épaisseur



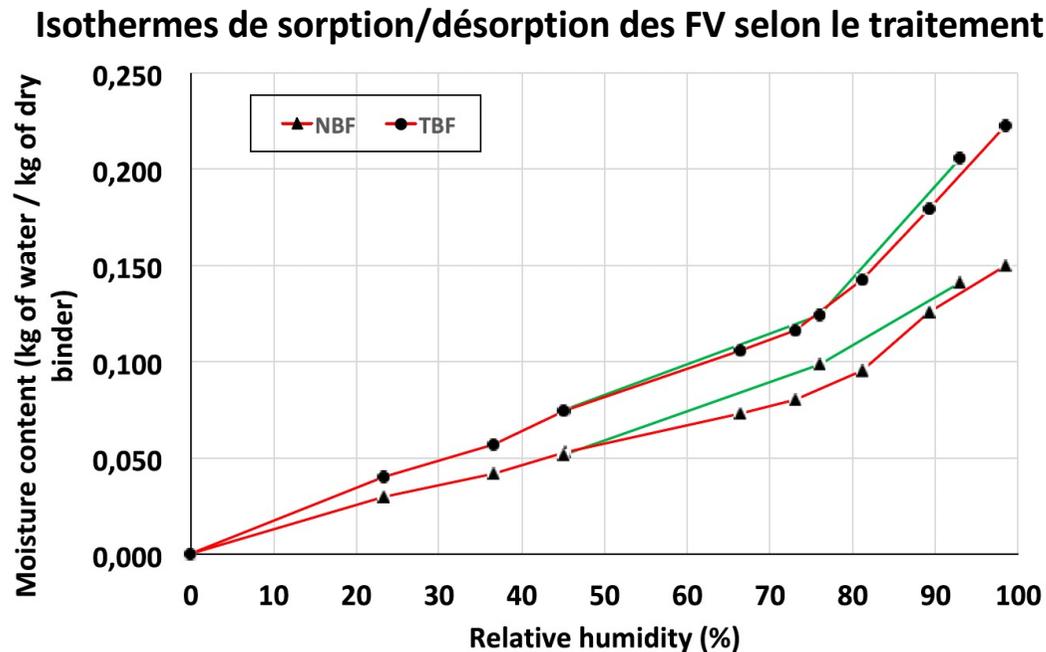
CEM I 52,5N
+
8%pds FV bagasse
brutes 0,4-1 mm

Dès une épaisseur de 14 cm, le matériau ISOCFV remplit les exigences les plus strictes et défavorables en termes de réglementations thermiques dans les DOM # aux (parpaing+enduits):

- ➔ Gain de matière de 30%
- ➔ Gain financier potentiel.

4-Perspectives

Traitement des NBF (avant introduction dans la matrice) par **pyrolyse** afin de les rendre davantage compatibles avec la matrice alcaline
= TBF



→ TBF moins hygroscopiques que NBF, particulièrement à haute HR

→ **Composites fibres de bagasse pyrolysées/ciment seraient moins vulnérables à l'HR et préservation de la faible λ**

4-Perspectives

QUELQUES VERROUS

TECHNOLOGIQUE:

→ Détermination de la conductivité thermique des FV lorsqu'elles sont dans le matériau composite

TECHNIQUE:

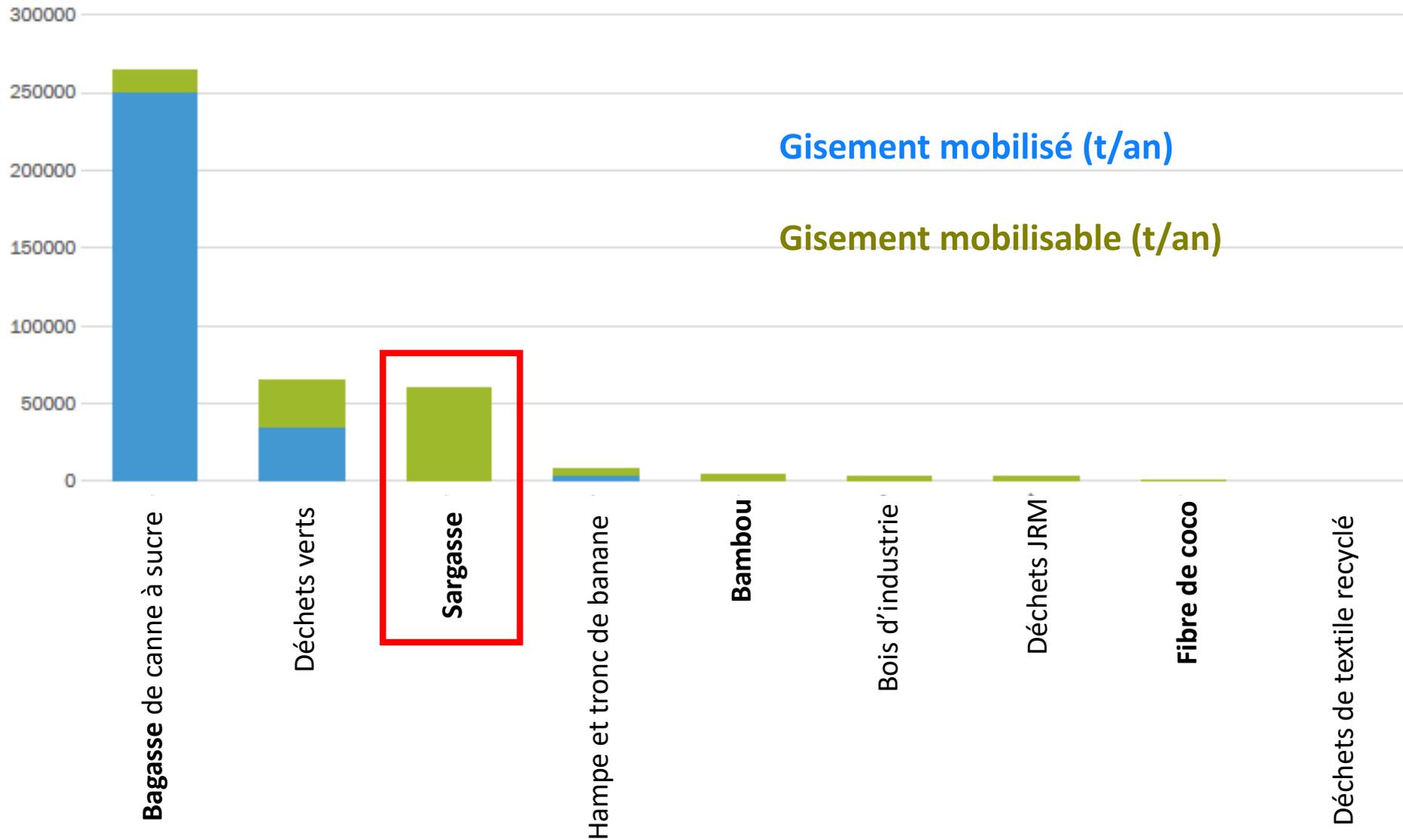
→ Normes à adapter

MATIERES PREMIERES:

→ Peu de bagasse de canne à sucre disponible pour le bâtiment

4-Perspectives

Potentiel guadeloupéen en bioressources pour la construction (t/an) 2017





SARGOOD

Potential application Valorization of products a by-products



Références bibliographiques

Asadi, I., Shafigh, P., Bin Abu Hassan, Z.F., Mahyuddin, N.B., 2018. Thermal conductivity of concrete – A review. *Journal of Building Engineering*, 20, 81-93.

Baley, C., 2020. *Fibres naturelles de renfort pour matériaux composites*. Ed : Techniques de l'Ingénieur.

John, M.J., Thomas, S., 2008. Biofibres and biocomposites. *Carbohydrate Polymers*, 71, 343-364.

J. Khedari, J., Sulsonk, B., Prathinthong, N., Hirunlabh, J., 2001. New lightweight composite construction materials with low thermal conductivity, *Cement and Concrete Composites*, 23, 65–70.

Savastano Junior, H., Warden, P.G., Coutts, R.S.P., 2000. Brazilian waste fibres as reinforcement for cement-based composites. *Cement and Concrete Composites*, 22, 379-384.

MERCI de VOTRE ATTENTION

marie-ange.arsene@univ-antilles.fr

ketty.bilba@univ-antilles.fr

cristel.onesippe@univ-antilles.fr



Symposium
Caribéen et Amazonien
sur
Les matériaux durables

26 au 30 juin 2023
Hôtel Langley Resort Fort Royal
Guadeloupe

ORDRE
DES
ARCHITECTES
GUADELOUPE

ActionLogement
RECONNU D'UTILITÉ SOCIALE