

1

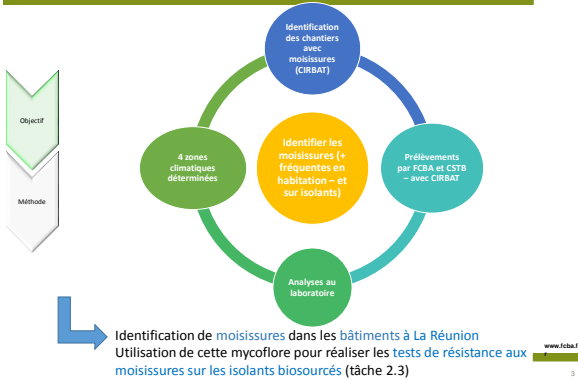
PROJET ISOBIODOM

Tâche 1.1 : Prélèvements et analyses moisissures / Bâtiments La Réunion

Tâche 2.3 : Test de résistance aux moisissures des matériaux biosourcés de La Réunion

2

PROJET ISOBIODOM– Tâche 1.1 – Prélèvements bâtiments /La Réunion



3

PROJET ISOBIODOM– Tâche 1.1 – Prélèvements bâtiments /La Réunion

Identification des moisissures

Prélèvements dans des logements issus de 4 zones climatiques (RTAA-DOM)

ZONE 1	< 400m
ZONE 2	400m à 600m
ZONE 3	600m à 800m
ZONE 4	> 800m

Plusieurs bâtiments par zone
Partage des prélèvements : FCBA (10/17)– CSTB(03/18)

4

PROJET ISOBIODOM– Tâche 1.1 – Prélèvements bâtiments /La Réunion – Lieux de prélèvements

TOTAL : 12 bâtiments – 4 climats → FCBA et CSTB

Saint-Denis ZONE 1 St André Zone 1 St André Zone 1

Objectif

Méthode

5

PROJET ISOBIODOM– Tâche 1.1 – Prélèvements bâtiments /La Réunion – Lieux de prélèvements

Maison– Ste Suzanne (Bras-pistolet, 309 m) ZONE 1

Appartement St Leu (Bras-pistolet, 309 m) ZONE 4

Objectif

6

PROJET ISOBIODOM– Tache 1.1 – Prélèvements bâtiments/La Réunion – Lieux de prélèvements

Objectif

Méthode



Prélèvements effectués :

- Ecouillons : 25
- Scotch tests : 9
- Empreintes : 13
- Matériau brut : 6
- Microtubes : 5

C - Plaine des Cafres (Zone 4), D - Le Tampon (Zone 4), F - Saint Leu (Zone 2).

www.fcba.f

7

PROJET ISOBIODOM– Tache 1.1 – Prélèvements bâtiments /La Réunion – METHODE

Objectif

Méthode

TOTAL: - 29 prélèvements avec écouillons

- Cultures en boîtes de Pétri
- Isolement des champignons sur 3 milieux différents



www.fcba.f

8

PROJET ISOBIODOM– Tache 1.1 – Prélèvements bâtiments /La Réunion – METHODE

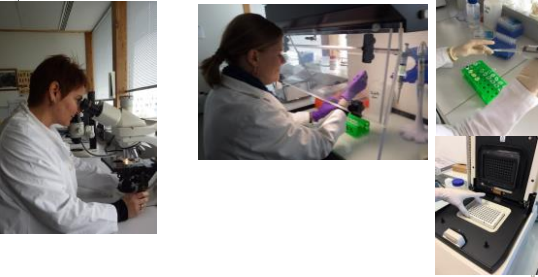
Identification des moisissures

Microscopie

Biologie moléculaire
(extraction ADN, amplification par PCR, purification et séquençage)

Objectif

Méthode



www.fcba.f

9

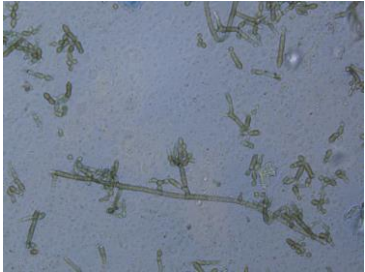
PROJET ISOBIODOM– Tache 1.1 – Prélèvements bâtiments/La Réunion – Résultats

Identification des moisissures isolées par FCBA
→ par analyses microscopiques

Objectif

Méthode

Résultats



Cladosporium sp.

www.fcba.f

10

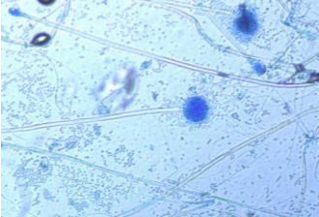
PROJET ISOBIODOM– Tache 1.1 – Prélèvements bâtiments /La Réunion – METHODE

Identification des moisissures isolées par FCBA
→ par analyses microscopiques

Objectif

Méthode

Résultats



Aspergillus sp.

www.fcba.f

11

PROJET ISOBIODOM– Tache 1.1 – Prélèvements bâtiments /La Réunion – METHODE

Identification des moisissures isolées par FCBA
→ par analyses microscopiques

Objectif

Méthode

Résultats



Fusarium sp.

www.fcba.f

12

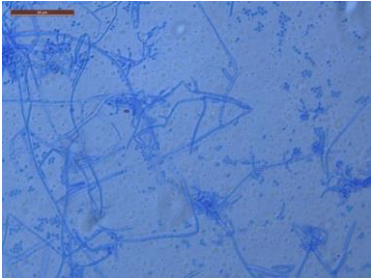
PROJET ISOBIODOM– Tache 1.1 – Prélèvements bâtiments/La Réunion – METHODE

Identification des moisissures isolées par FCBA
→ par analyses microscopiques

Objectif

Méthode

Résultats



Trichoderma sp.

www.fcba.f

13

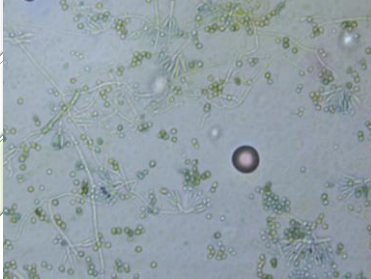
PROJET ISOBIODOM– Tache 1.1 – Prélèvements bâtiments /La Réunion – METHODE

Identification des moisissures isolées par FCBA
→ par analyses microscopiques

Objectif

Méthode

Résultats



Penicillium sp.

www.fcba.f

14

PROJET ISOBIODOM– Tache 1.1 – Prélèvements bâtiments /La Réunion – METHODE

Identification des moisissures isolées par FCBA et CSTB

Par analyses ADN (extraction, amplification, séquençage)

- Analyse plus poussée
- Identification des genres non identifiés en microscopie
- Identification des genres ET espèces

Objectif

Méthode

Résultats



www.fcba.f

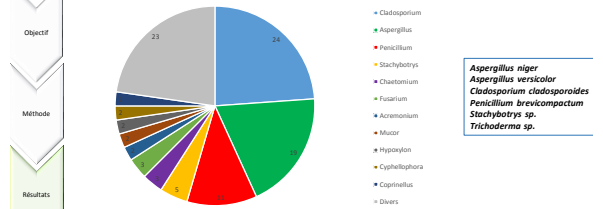
15

PROJET ISOBIODOM– Tache 1.1 – Prélèvements bâtiments /La Réunion – RESULTATS COMPILES

Résultats / Identification des genres de moisissures FCBA + CSTB

88 identifications- 12 bâtiments issus de 4 zones climatiques

Différents genres fongiques isolés sur les produits de construction dans des environnements intérieurs infestés (Ile de La Réunion - Oct. 2017 et Mars 2018) - en % par rapport au nombre total de champignons identifiés



BILAN: Moisissures fréquemment retrouvées dans les environnements intérieurs et extérieurs
Bibliographie cohérente → Etude à La Réunion, ANSES, 2017: *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium*
Bibliographie en zone tropicale → *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Alternaria* (Inde, Malaisie, Singapour ...)

16

PROJET ISOBIODOM– Tache 1.1 – Prélèvements bâtiments/La Réunion – SUITE TRAVAUX

Etape ajoutée au projet :


Identification des moisissures → dans les matières biosourcées en situation

- À l'état initial
- Après 3 mois d'exposition dans des bâtiments Réunionnais

Objectif

Méthode

Résultats



Bagasse de canne à sucre (ERCANÉ)


Copeaux de *Cryptomeria* (COPOBOS)

Paille de Vétiver (ECOEX)

Copeaux de Goyavier (Conseil Général)

Ouate de cellulose

Laine de verre



Échantillons de biosourcés enveloppés de grillage inertes
→ Exposés dans les parois de bâtiments situés dans différentes zones
→ Analysés après 3 mois d'exposition

www.fcba.f

17

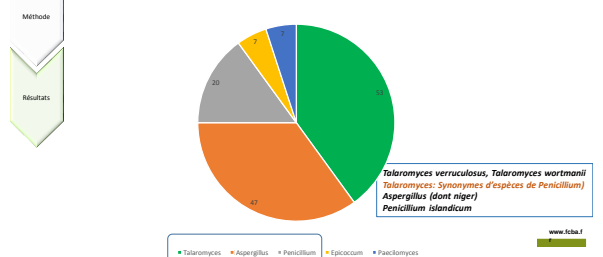
PROJET ISOBIODOM– Tache 1.1 – Prélèvements chantiers/La Réunion

Etape ajoutée au projet :

Identification des moisissures → dans les matières biosourcées en situation

- À l'état initial (*Talaromyces*, *Aspergillus*, *Penicillium*...)
- Après 3 mois d'exposition dans des maisons (36 échantillons) – 3 zones climatiques

Répartition des moisissures sur les matériaux exposés 3 mois à La Réunion dans des bâtiments - Pourcentage des principaux genres (6)



18

PROJET ISOBIODOM– Tâche 1.1 – Prélèvements bâtiments/La Réunion

Sélection de moisissures représentatives des bâtiments à La Réunion

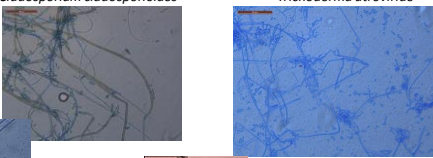
Objectif

- Moisissures identifiées dans les bâtiments
- Moisissures identifiées sur matériaux biosourcés exposés dans les bâtiments

→ tests de compétition entre moisissures

→ Sélection de 4 souches de moisissures compatibles pour faire les tests de durabilité sur les isolants:

Cladosporium cladosporioides *Trichoderma atroviride*



Aspergillus niger *Penicillium brevicompactum*

www.fcba.f

19

PROJET ISOBIODOM– Tâche 2.3 Durabilité comparative des isolants dans les conditions tropicales réelles

Test de la résistance aux termites (CIRBAT)
Test de la résistance aux moisissures (FCBA & CSTB)

Objectif

Méthode

- selon conditions hygrothermiques (tâche 2.1)
 - 28°C et 95 % HR (plupart des cas)
 - 28°C et 85% HR (zone climatique 1, bâtiment climatisé avec pare-vapeur)
- selon moisissures identifiées (tâche 1.1)

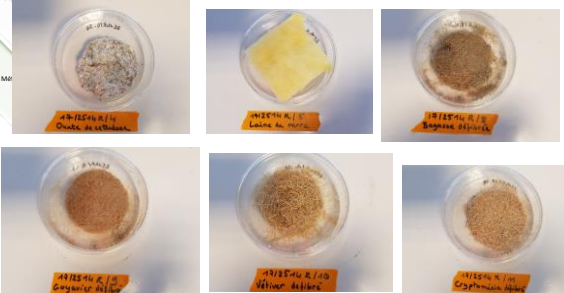
www.fcba.f

20

PROJET ISOBIODOM– Tâche 2.3 Durabilité comparative des isolants dans les conditions tropicales réelles

Test de la résistance aux moisissures → sur matériaux défibrés

Objectif




www.fcba.f

21

PROJET ISOBIODOM– Tâche 2.3 Durabilité comparative des isolants dans les conditions tropicales réelles

Test de la résistance aux moisissures

Objectif



1^{ère} série de test
Inoculation avec les 5 souches de moisissures de Métropole
- *Aspergillus niger*
- *Penicillium funiculosum*
- *Trichoderma atroviride*
- *Chaetomium globosum*
- *Pezizomyces variabilis*

2^{ème} série de test
Inoculation avec les 4 souches de moisissures de La Réunion
- *Aspergillus niger*
- *Cladosporium cladosporioides*
- *Penicillium brevicompactum*
- *Trichoderma atroviride*

Exposition aux moisissures
4 semaines à 28°C et 95 % HR

Exposition aux moisissures
- 1 série → 4 semaines à 28°C et 95 % HR
- 1 série → 4 semaines à 28°C et 85 % HR

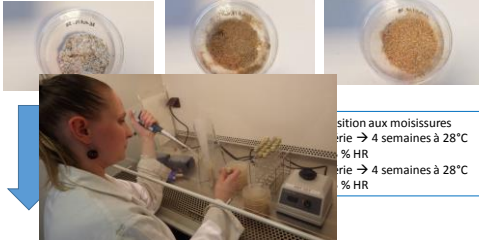
www.fcba.f

22

PROJET ISOBIODOM– Tâche 2.3 Durabilité comparative des isolants dans les conditions tropicales réelles

Test de la résistance aux moisissures

Objectif



Méthode

Exposition aux moisissures
- 1 série → 4 semaines à 28°C et 95 % HR
- 1 série → 4 semaines à 28°C et 85 % HR

Résultats

Evaluation de la résistance aux moisissures → Evaluation visuelle + quantification du nombre d'unités fongiques cultivables en fin d'essai par comparaison au nombre d'unités fongiques cultivables déposées sur l'isolant en début d'essai (log UFC / cm³ de matériau isolant)

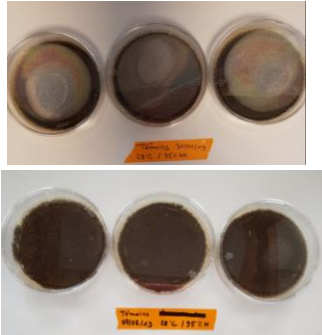
www.fcba.f

23

PROJET ISOBIODOM– Tâche 2.3 Durabilité comparative des isolants dans les conditions tropicales réelles

Test de la résistance aux moisissures de La Réunion

Objectif



Méthode

Résultats

Témoins à 85 % HR

Témoins à 95 % HR

www.fcba.f

24

PROJET ISOBIODOM – Tâche 2.3 Durabilité comparative des isolants dans les conditions tropicales réelles

Test de la résistance aux moisissures- **28 °C – 95 % Humidité relative – cocktail moisissures métropolitaines- FCBA**

Matériau testé	Humidité finale (%)	Cotations finales développement moisissures (1)	Nombre moyen (2) de moisissures déposées (log UFC/cm3 isolant)	Nombre moyen (3) de moisissures en fin d'essai (log UFC/cm3 isolant)	Conclusion
Ouate traitée	33 %	0	4.1	< 1.6	Résistant
Laine de verre	12 %	0	4.3	3.9	Résistant

- (1) Cotations moisissures (9 échantillons)
 0: pas de développement (ni œil nu, ni microscope)
 1: développement visible seulement au microscope
 2: développement visible à l'œil nu
 (2) Moyenne de 3 échantillons
 (3) Moyenne de 9 résultats

www.fcba.fr
25

25

PROJET ISOBIODOM – Tâche 2.3 Durabilité comparative des isolants dans les conditions tropicales réelles

Test de la résistance aux moisissures- **28 °C – 95 % Humidité relative – cocktail moisissures La Réunion (CSTB)**

Matériau testé	Humidité finale (%)	Cotations finales développement moisissures (1)	Nombre moyen (2) de moisissures déposées (log UFC/cm3 isolant)	Nombre moyen (3) de moisissures en fin d'essai (log UFC/cm3 isolant)	Conclusion
Ouate traitée	23 %	0	5.01	< 2.55	Résistant
Laine de verre	7.65 %	0	4.88	3.96	Résistant

- (1) Cotations moisissures (9 échantillons)
 0: pas de développement (ni œil nu, ni microscope)
 1: développement visible seulement au microscope
 2: développement visible à l'œil nu
 (2) Moyenne de 3 échantillons
 (3) Moyenne de 9 résultats

www.fcba.fr
26

26

PROJET ISOBIODOM – Tâche 2.3 Durabilité comparative des isolants dans les conditions tropicales réelles

Test de la résistance aux moisissures- **28 °C – 95 % Humidité relative - cocktail moisissures métropolitaines (FCBA)**

Matériau testé	Humidité finale (%)	Cotations finales développement moisissures (1)	Nombre moyen (2) de moisissures déposées (log UFC/cm3 isolant)	Nombre moyen (3) de moisissures en fin d'essai (log UFC/cm3 isolant)	Conclusion
Bagasse défibrée	28.5 %	0 et 1	4.3	5.9	Non résistant
Goyavier défibré	28.7 %	1 et 2	4.2	6.3	Non résistant
Vétiver défibré	35.8 %	1 et 2	4.3	5.8	Non résistant
Cryptoméria défibré	30.3 %	0	4.3	5.1	Non résistant

- (1) Cotations moisissures (9 échantillons)
 0: pas de développement (ni œil nu, ni microscope)
 1: développement visible seulement au microscope
 2: développement visible à l'œil nu
 (2) Moyenne de 3 échantillons
 (3) Moyenne de 9 résultats

www.fcba.fr
27

27

PROJET ISOBIODOM – Tâche 2.3 Durabilité comparative des isolants dans les conditions tropicales réelles

Test de la résistance aux moisissures- **28 °C – 95 % Humidité relative - cocktail moisissures La Réunion (CSTB)**

Matériau testé	Humidité finale (%)	Cotations finales développement moisissures (1)	Nombre moyen (2) de moisissures déposées (log UFC/cm3 isolant)	Nombre moyen (3) de moisissures en fin d'essai (log UFC/cm3 isolant)	Conclusion
Bagasse défibrée	16	0 et 1	4.3	5.9	Non résistant
Goyavier défibré	20	1	5.33	5.88	Non résistant
Vétiver défibré	23.8	1	5.08	5.64	Non résistant
Cryptoméria défibré	22.5	0 et 1	5.03	5.05	Résistant

- (1) Cotations moisissures (9 échantillons)
 0: pas de développement (ni œil nu, ni microscope)
 1: développement visible seulement au microscope
 2: développement visible à l'œil nu
 (2) Moyenne de 3 échantillons
 (3) Moyenne de 9 résultats

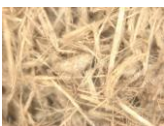
www.fcba.fr
28

28

PROJET ISOBIODOM – Tâche 2.3 Durabilité comparative des isolants dans les conditions tropicales réelles

Test de la résistance aux moisissures- **28 °C – 95 % Humidité relative - cocktail moisissures La Réunion (FCBA)**

Matériau testé	Humidité finale (%)	Cotations finales développement moisissures (1)	Nombre moyen (2) de moisissures déposées (log UFC/cm3 isolant)	Nombre moyen (3) de moisissures en fin d'essai (log UFC/cm3 isolant)	Conclusion
Bagasse défibrée traitée à 4.4 % ac borique	29.2 %	0	4.8	2.2	Résistant
Vétiver défibré traité à 4.7 % ac borique	27.3 %	0	4.8	2.5	Résistant



Bagasse traitée



Vétiver traité

www.fcba.fr
29

29

PROJET ISOBIODOM – Tâche 2.3 Durabilité comparative des isolants dans les conditions tropicales réelles

Test de la résistance aux moisissures- **28 °C – 95 % Humidité relative - cocktail moisissures La Réunion (CSTB)**

Matériau testé	Humidité finale (%)	Cotations finales développement moisissures (1)	Nombre moyen (2) de moisissures déposées (log UFC/cm3 isolant)	Nombre moyen (3) de moisissures en fin d'essai (log UFC/cm3 isolant)	Conclusion
Goyavier défibré traité à 5.1 % ac borique	21.9	0	5.3	<2.5	Résistant
Cryptoméria défibré traité à 4.2 % ac borique	21.7	0	5.2	<2.5	Résistant



Cryptoméria défibré



Goyavier défibré

www.fcba.fr
30

30

PROJET ISOBIODOM – Tâche 2.3 Durabilité comparative des isolants dans les conditions tropicales réelles

Test de la résistance aux moisissures- **28 °C – 85 % Humidité relative – cocktail moisissures La Réunion (FCBA)**

Matériau testé	Humidité finale (%)	Cotations finales développement moisissures (I)	Nombre moyen ^(II) de moisissures déposées (log UFC/cm ³ isolant)	Nombre moyen ^(II) de moisissures en fin d'essai (log UFC/cm ³ isolant)	Conclusion
Ouate traitée	19.1 %	0	4.6	< 1.4	Résistant
Laine de verre	6.4 %	0	4.9	3.5	Résistant



Ouate traitée



Laine de verre

www.fcba.f
31

31

PROJET ISOBIODOM – Tâche 2.3 Durabilité comparative des isolants dans les conditions tropicales réelles

Test de la résistance aux moisissures- **28 °C – 85 % Humidité relative - cocktail moisissures La Réunion (FCBA)**

Matériau testé	Humidité finale (%)	Cotations finales développement moisissures (I)	Nombre moyen ^(II) de moisissures déposées (log UFC/cm ³ isolant)	Nombre moyen ^(II) de moisissures en fin d'essai (log UFC/cm ³ isolant)	Conclusion
Bagasse défibrée	20.2 %	1	4.8	5.7	Non résistant
Goyavier défibré	19.1 %	1	4.7	5.2	Non résistant
Vétiver défibré	20.1 %	1	4.8	5.9	Non résistant
Cryptoméria défibré	19.4 %	0	4.9	5.1	Non résistant (limite)



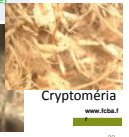
Bagasse



Goyavier



Vétiver



Cryptoméria

www.fcba.f
32

32

PROJET ISOBIODOM – Tâche 2.3 Durabilité comparative des isolants dans les conditions tropicales réelles

Test de la résistance aux moisissures- **28 °C – 95 % Humidité relative – contamination environnementale naturelle (CSTB)**

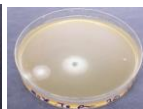
Matériau testé	Humidité finale (%)	Cotations finales développement moisissures (I)	Nombre moyen ^(II) de moisissures déposées (log UFC/cm ³ isolant)	Nombre moyen ^(II) de moisissures en fin d'essai (log UFC/cm ³ isolant)	Conclusion
Bagasse défibrée	17	1	NC	6.26	Non résistant
Goyavier défibré	16.4	1	2.07	6.2	Non résistant
Vétiver défibré	18	1	2.2	6.1	Non résistant
Cryptoméria défibré	17	0	3.52	6	Non résistant



Bagasse (T0)



Cryptomeria (T0)



Goyavier (T0)



Vétiver (T0)

33

33

PROJET ISOBIODOM – CONCLUSION / Moisissures et de la durabilité des biosourcés pour la fabrications d'isolants thermiques dans les DROM COM

Liste de moisissures identifiées à La Réunion (bâtiments et matériaux biosourcés exposés dans les bâtiments)

Résistance des biosourcés (bagasse défibrée, vétiver défibré, cryptoméria défibré, goyavier défibré) aux moisissures en conditions tropicales ?

→ Fibres naturelles non résistantes aux moisissures, dans les scénarios hygrothermiques : 28°C 85% HR ni 28°C 95 % HR → avec disparités de résultats sur le cryptoméria (variabilité essence)

→ Fibres (bagasse, vétiver, cryptomeria et goyavier) avec traitement fongicide → résistantes aux moisissures à 28°C et 95 % HR

Isolants potentiels : matériaux résistants aux moisissures de La Réunion, dans les conditions hygrothermiques locales:

- Biosourcés défibrés traités avec un fongicide
- ou laine de verre
- ou ouate traitée avec un fongicide

www.fcba.f
34

34

PROJET ISOBIODOM

PERSPECTIVES

Finaliser la valorisation des matériaux biosourcés à La Réunion--> Isolants



- Traitements innovants

- traitements alternatifs (transfert techno du bois)
- traitements naturels (valorisation molécules naturelles)

- Traitements chimiques reconnus et réglementairement soutenus dans l'avenir

Evaluer la résistance aux moisissures & termites de matériaux défibrés (cryptoméria, bagasse, vétiver ou goyavier) avec traitements innovants ou chimiques

- transfert techno (process de traitement) avec différents produits
- caractérisation de durabilité → R&D avec industriels

www.fcba.f
35

35



Merci de votre attention

- Contacts :
- Julien LAMOULIE
julien.lamolouie@fcba.fr
 - Isabelle LE BAYON
isabelle.lebayon@fcba.fr
 - Marjorie DRAGHI
marjorie.draghi@cstb.fr

36

36