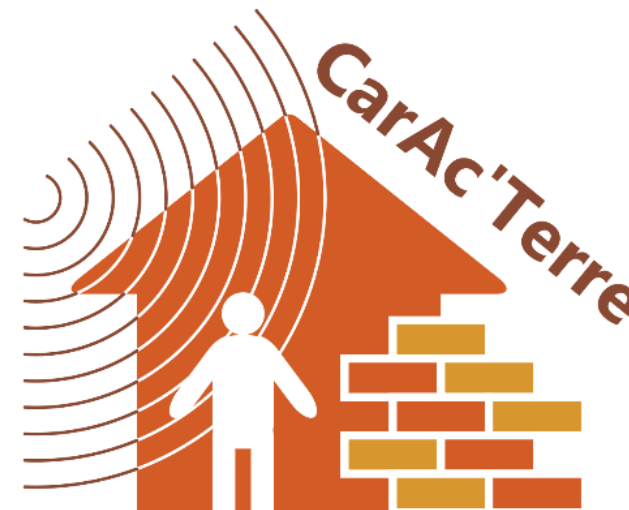


CarAc'Terre

Caractérisation des performances acoustiques des systèmes constructifs en terre crue

JTAV, Champs sur Marne
23 juin 2026



Philippe Glé, Cerema
Catherine Guigou-Carter, CSTB
Adrien Clément, LASA

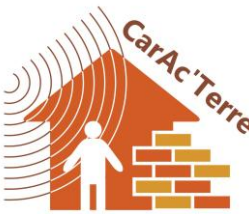
Financé par



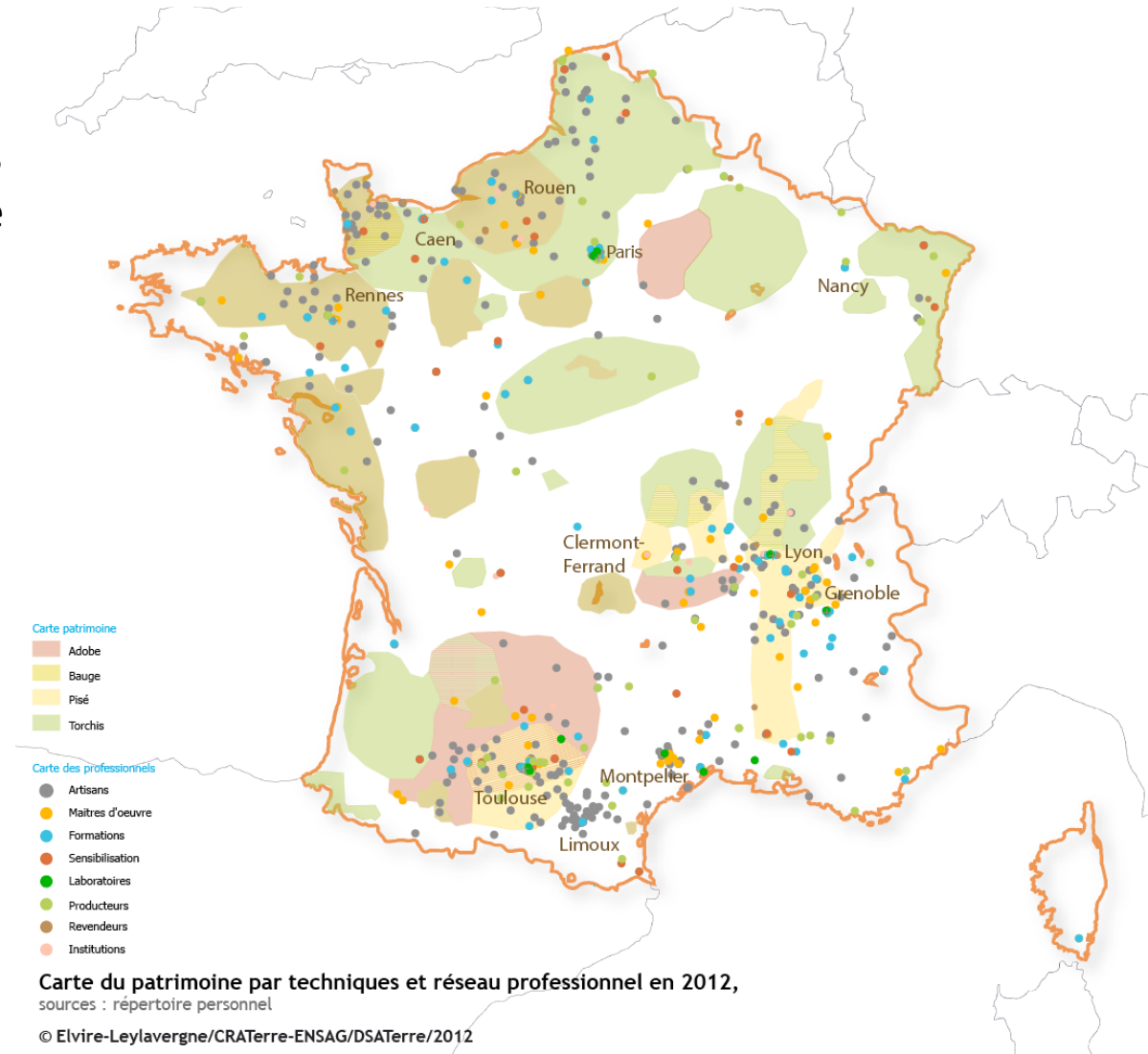
Cerema
CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN



Un retour vers la terre crue



- La terre crue
 - De nombreux systèmes constructifs traditionnels ou revisités (Bauge, adobes, briques de terre comprimées, pisé, torchis, terre allégée, enduits)
 - ~15% du bâti en France (1 million de logements) et ~30% dans le monde
 - Ses atouts: Disponibilité locale, réversibilité, faible énergie grise, performances (confort hygrothermique, inertie, acoustique...?)
 - Ses menaces: Changement climatique, industrialisation, urbanisation, technologies de construction moderne
- Quelles propriétés acoustiques?
 - Des approches traditionnelles et très empiriques
 - Un manqué de données → frein à l'application des solutions terre
 - Un besoin d'optimisation et de certification



Une réponse apportée par le projet CarAc'Terre



Coordinateur

- LASA

Partenaires

- LASA
- CSTB
- CEREMA
- Univ Eiffel

Comité de suivi

- Alpes Contrôles + Confédération Construction Terre Crue + Univ Eiffel
- Projet National Terre

Confédération
terre crue
Confédération de la construction en terre crue



Objectif du projet

- Caractérisation des performances des constructions en terre crue en distinguant les contributions provenant de la formulation des matériaux, de la composition des parois et de leur mise en œuvre

Éléments clés

- Durée : 36 mois
- Collaboration d'acteurs (BET, recherche, normalisation, maçons, architectes...)

Solutions

- Solutions développées dans le cadre du projet :
 - **Essais en laboratoire et In-Situ** sur une sélection de terres, configurations et systèmes constructifs terre crue
 - **Modélisations** des performances aux **échelles matériau, composant et bâtiment**
 - Extrapolations à d'autres configurations et systèmes constructifs
 - Approche par la **perception**
- Bases de données, abaques, guides, outils ...
- Découpage en 5 lots:
 - Lot 1 : État de l'art et fabrication
 - Lot 2 : Mesures en laboratoire
 - Lot 3 : Mesures sur le terrain
 - Lot 4 : Modélisation
 - Lot 5 : Dissémination

Chronologie du projet

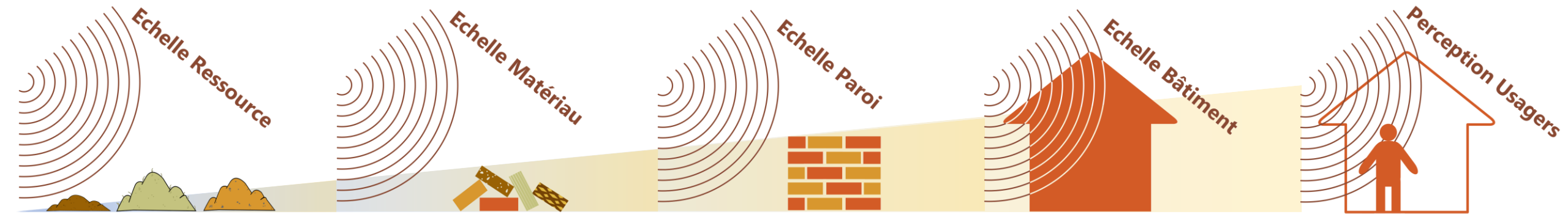
Début de projet (officiel) :
T0 = 20/03/2024

Étape Clef 1
1 An

Étape Clef 2
2 Ans

Date de fin de projet :
T0 + 3 ans = 20/03/2027

Nécessité d'une analyse multi-échelle / Trame de la présentation



[Marta Miranda Santos. 2022]

1. Échantillons 'témoins' des essais à l'échelle paroi

1. Caractérisation / Modélisation des échantillons des vagues 1 et 2
2. Poursuite au fil de l'eau avec la phase 2



Aperçu des témoins

2. Approfondissement sur les enduits terre

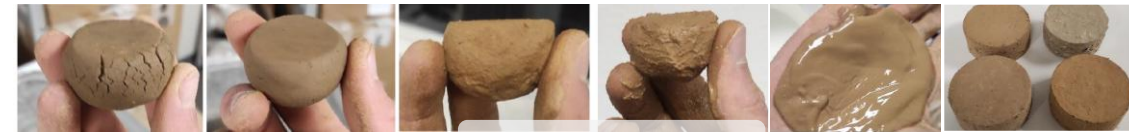
1. Caractérisation / Modélisation des échantillons
2. Valorisation



Texture des enduits

3. Approfondissement sur l'effet terre

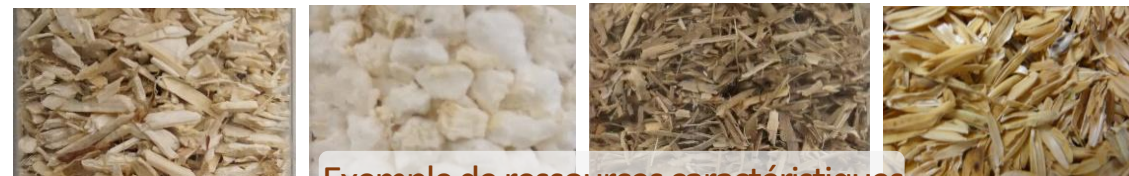
1. Définition d'un plan d'expérience et fabrication
2. Derniers essais en cours (stage E. Bourjaillat)



Tests de consistance

4. Approfondissement sur l'effet des fibres végétales (type, dosage) et les problématiques de double porosité

1. Comportement anisotrope des mélanges
2. Modélisation en cours (stage A. Orzan - ENTPE)

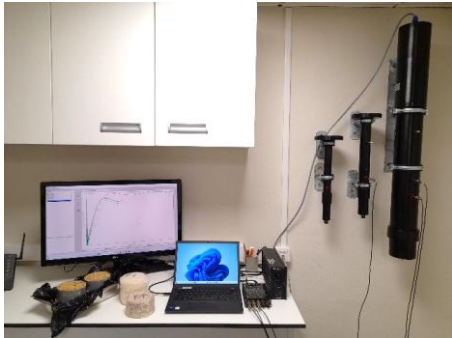


Exemple de ressources caractéristiques

Investigations échelle matériau



Mesures des propriétés acoustiques



Tube de Kundt en incidence normale

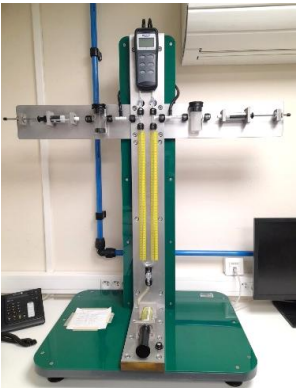
Absorption acoustique α (-)
 Affaiblissement acoustique TL (dB)

$f=[50 ; 2000 \text{ Hz}]$, $\varnothing = 100\text{mm}$, 3 microphones



Mesures des paramètres acoustiques et élastiques

Porosité ϕ (%)
 (mesure directe)



Résistance au passage à l'air
 σ (Pa. s. m⁻²)

(mesures directes) (mesure indirectes)



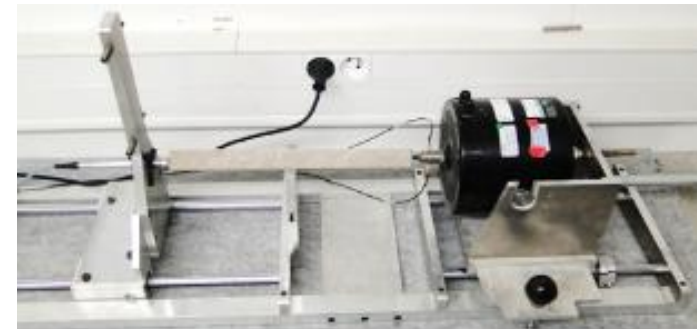
Autres paramètres acoustiques
 $\alpha_{\infty}(-)$, $\Lambda(m)$, $\Lambda'(m)$, $\theta_0(m^2)$

(mesure indirectes)



Module d'élasticité E (MPa), coefficient de Poisson ν (%),
 amortissement structural η (%)

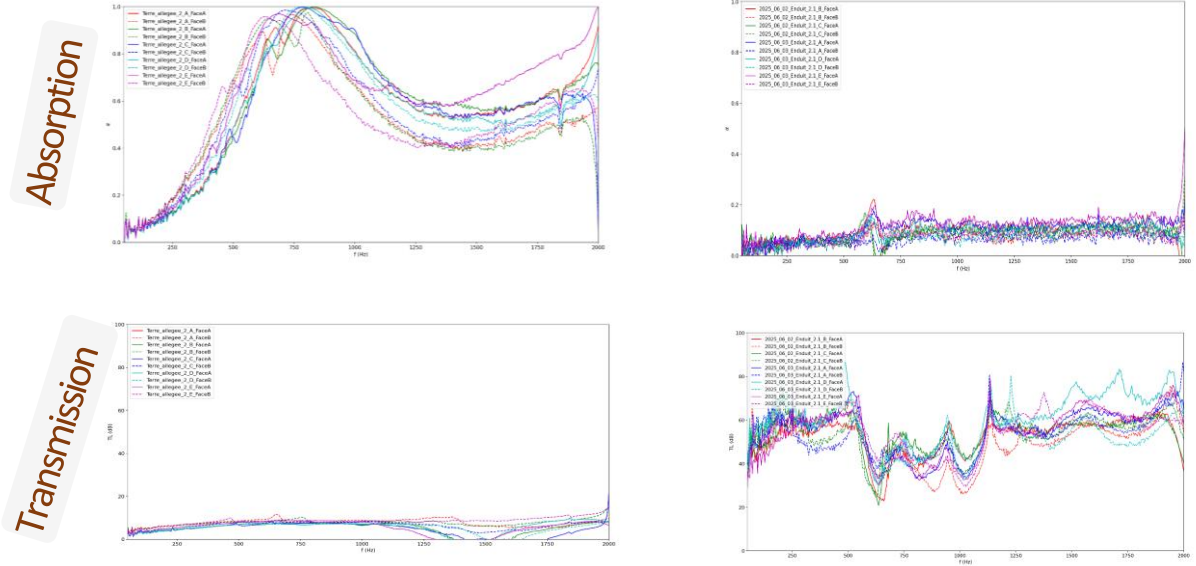
(mesures directes)



Investigations échelle matériau

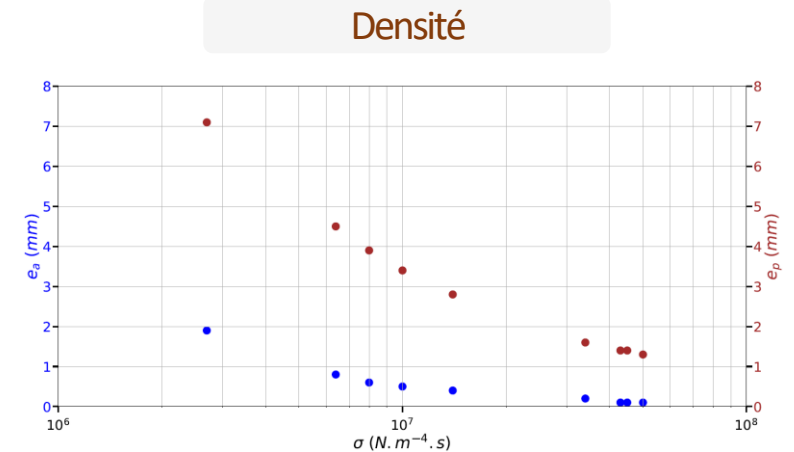
- Résultats sur les **échantillons témoins**

- ➔ Propriétés très variables en absorption et affaiblissement acoustique
- ➔ Résistivités importantes / caractère imperméable soulevé dans de nombreuses configurations
- ➔ Corrélation des propriétés à la densité des matériaux



- Comportement des **enduits**

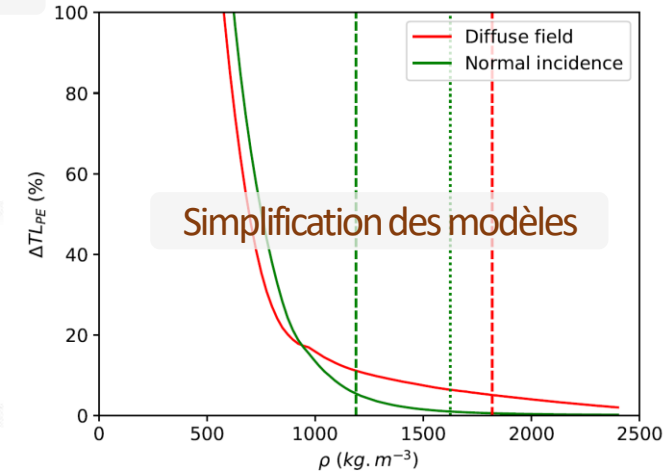
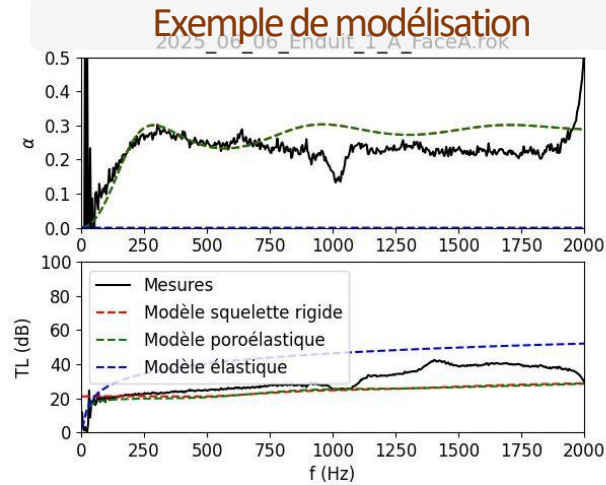
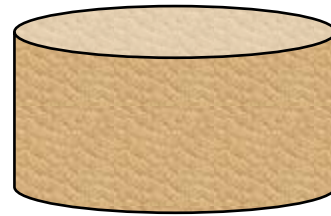
- ➔ Impacts de l'épaisseur, de la présence et du type de fibres
- ➔ Epaisseurs de pénétration acoustique et d'étanchéité relativement faibles et atteintes pour les formulations courantes



Modélisation échelle matériau

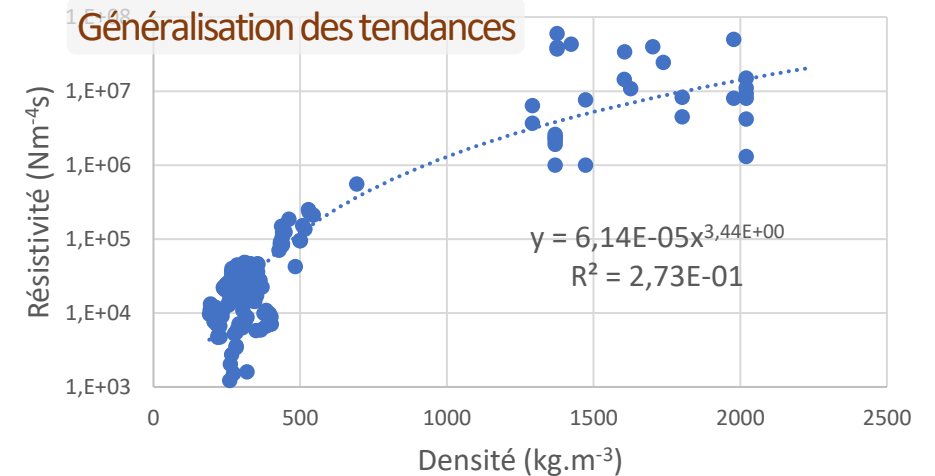
Différents comportements considérés :

- **Phase solide:**
 - Solide élastique
 - Squelette rigide
- **Phase fluide:**
 - Modèle usuel (JCA, JCAL)
 - Modèle granulaire
 - Modèle forte résistivité



Résultats :

- ➔ Comportement poroélastique valide avec modèles usuels ou granulaire selon la densité
- ➔ Contribution de la phase fluide négligeable au-delà d'une certaine résistivité / densité
- ➔ Etablissement de premières relations entre la densité et les paramètres des matériaux



Essais normalisés des systèmes en laboratoire



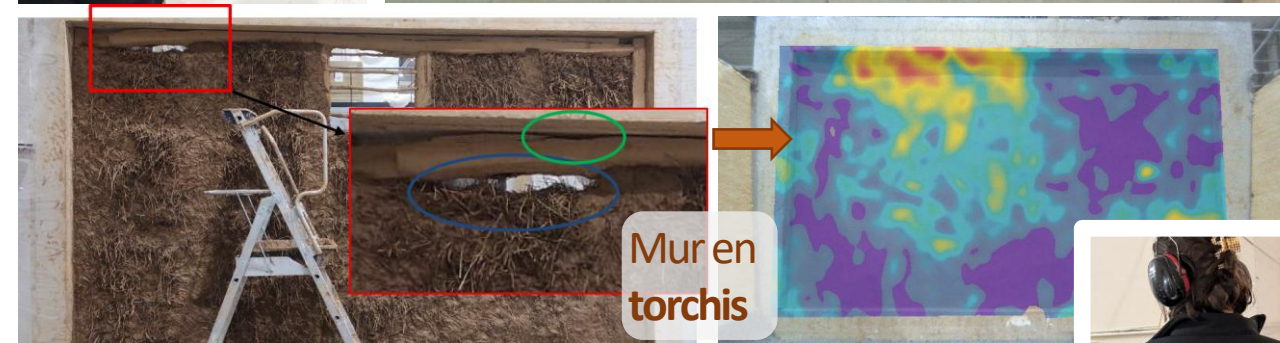
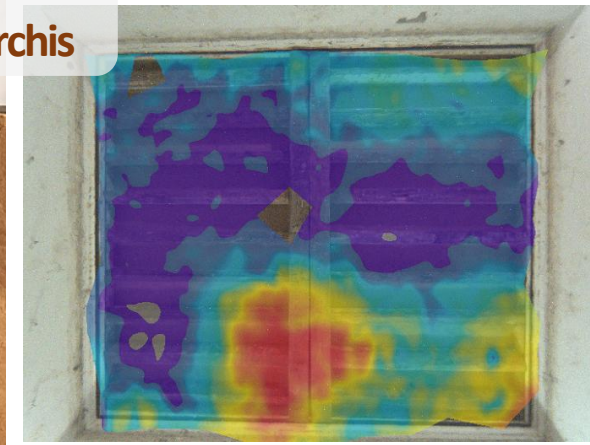
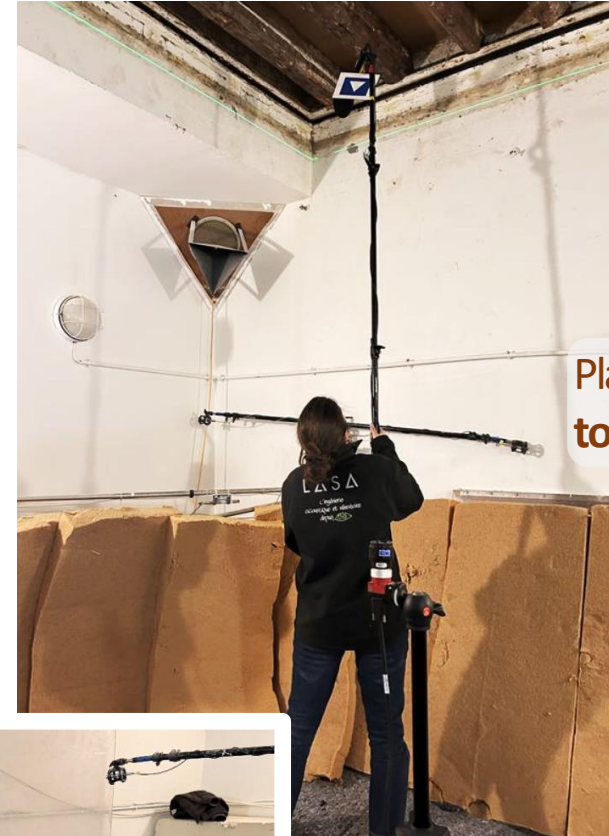
Essais normalisés des systèmes en laboratoire



Essais normalisés des systèmes en laboratoire



Essais augmentés en laboratoire

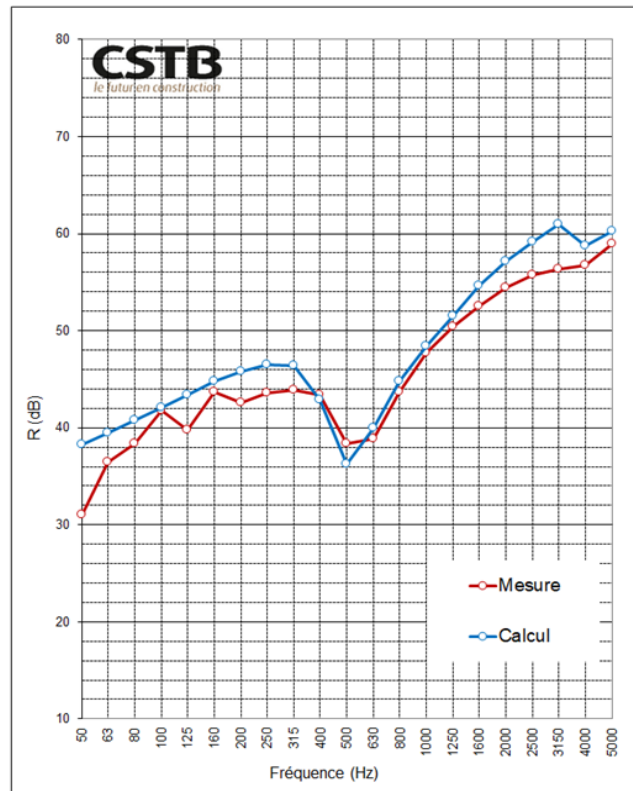


- **Hétérogénéité de l'affaiblissement acoustique** R de la paroi par intensimétrie
- Influence de la mise en œuvre des **jonctions** sur les **transmission parasites**

- Performances des **parois aux basses fréquences**

Modélisation des différentes parois testées en laboratoire

- Comparaison Calcul/Mesure Paroi Adobe
Paroi avec barbotine et enduit

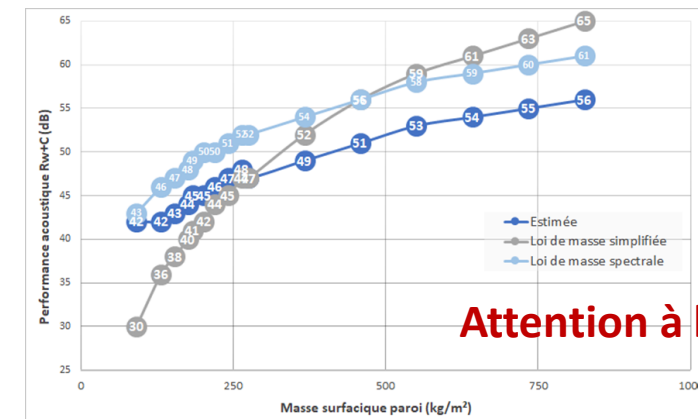
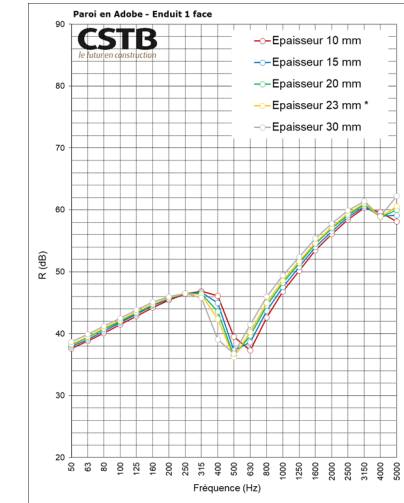
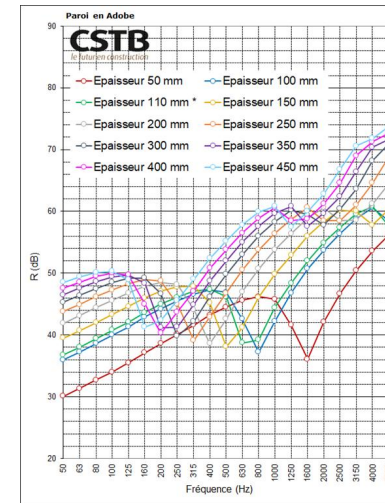


Fréquence (Hz)	Mesure R (dB)	Calcul R (dB)
50	31.0	38.3
63	36.5	39.5
80	38.4	40.8
100	41.8	42.1
125	39.8	43.4
160	43.7	44.8
200	42.6	45.8
250	43.6	46.5
315	43.9	46.4
400	43.4	42.9
500	38.4	36.3
630	38.9	40.0
800	43.7	44.8
1000	47.7	48.4
1250	50.4	51.5
1600	52.5	54.6
2000	54.4	57.1
2500	55.7	59.2
3150	56.3	61.0
4000	56.7	58.8
5000	59.0	60.3

$R_w =$	47	47
$C =$	-1	-1
$C_{tr} =$	-3	-3
$C_{(50-3150)} =$	-1	-1
$C_{tr(50-3150)} =$	-3	-3

$R_w + C =$	46	46
$R_w + C_{tr} =$	44	44

- Etude paramétrique Paroi Adobe
Effet de l'épaisseur



Attention à la loi de masse !

Extrapolations aux configurations rencontrées sur le terrain

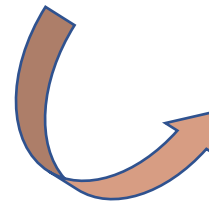
Gamme de modélisation envisagée :

Systèmes constructifs		Terre allégée	Torchis	Bauge	Briques de terre	Pisé	Planchers	Correcteur thermique	Enduits fibrés	Enduits
Descriptif		Mélange terre argileuse - fibres mis en œuvre banchée, projetée ou préfa, avec ossature	Mélange terre-fibres utilisé en remplissage avec une ossature en bois	Mise en œuvre avec (ou sans) fibres à l'état plastique par des couches successives	Maçonneries avec adobes, briques de terre crue extrudées ou comprimées, fibrées ou non	Mur monolithique banché avec couches de terre dammées sans fibres	Système de plancher lesté en terre crue - A définir -	Formulation intermédiaire entre terre chanvre et enduit fibré	Enduits terre crue avec fibres végétales, plus légers que des enduits terre - sable	Enduits terre-sable, pouvant inclure un peu de fibres
Grandeur évaluée	Absorption	X		X	?	?		X	X	X
	Affaiblissement	X	X	X	X	X	X			
	Bruit d'impact						X			
Prise en compte ossature		X	X				X			
Déclinaisons en absorption	Support réfléchissant	X			?	?		X	X	X
	Support absorbant	X			?	?		X	X	X
Déclinaisons en affaiblissement	Mur brut				X	X	X			
	Mur enduit ext	?	?	?	X	X				
	Mur enduits ext et int	X	X	X	X	X				
	Mur bardage ext et enduit int	X	X	X	X	X				
	Mur enduit ext et correction thermique int	X	X	X	X	X				
	Mur enduit ext et terre allégée + enduit int		X	X	X	X				
	Mur enduit ext et doublage PTC int	X	X	X	X	X				
	Mur enduit ext et doublage fermacell int	X	X	X	X	X				

Epaisseur du terre-chanvre (mm)

	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
10	34	34	34	34	35	35	35	36	36	36	37	37	37	38	38
15	35	35	35	35	36	36	36	37	37	37	38	38	38	39	39
20	36	36	36	36	37	37	37	38	38	38	39	39	39	40	40
25	37	37	37	38	38	38	39	39	39	40	40	40	41	41	41
30	38	38	38	39	39	39	40	40	40	41	41	41	42	42	42
35	39	39	39	40	40	40	41	41	41	42	42	42	43	43	43
40	40	40	40	41	41	41	42	42	42	43	43	43	44	44	44
45	41	41	41	42	42	42	43	43	43	44	44	44	45	45	45
50	42	42	42	43	43	43	44	44	44	45	45	45	46	46	46
55	43	43	43	44	44	44	45	45	45	46	46	46	47	47	47
60	43	44	44	44	45	45	46	46	46	47	47	47	48	48	48
65	44	44	45	45	45	46	46	47	47	48	48	48	49	49	49
70	45	45	46	46	46	47	47	48	48	49	49	49	50	50	50
75	46	46	46	47	47	48	48	49	49	50	50	50	51	51	51
80	46	47	47	47	48	48	49	49	49	50	50	50	51	51	51
85	47	47	48	48	48	49	49	50	50	51	51	51	52	52	52
90	47	48	48	49	49	49	50	50	51	51	51	52	52	52	53
95	48	48	49	49	50	50	51	51	51	52	52	52	53	53	54
100	48	49	49	50	50	51	51	51	51	52	52	53	53	54	54
105	49	49	50	50	51	51	52	52	52	53	53	54	54	55	55
110	49	50	50	51	51	52	52	52	53	53	54	54	55	55	56
115	50	50	51	51	52	52	52	53	53	54	54	55	55	56	56
120	50	51	51	52	52	53	53	53	54	54	55	55	56	56	57
125	50	51	52	52	53	53	53	54	54	55	55	56	56	57	58
130	50	51	52	53	53	54	54	54	55	55	56	56	57	58	58
135	51	52	52	53	53	54	54	54	55	55	56	56	57	58	59
140	51	52	53	53	54	54	54	54	55	55	56	56	57	58	59
145	51	52	53	54	54	54	55	55	55	56	56	57	58	59	60
150	51	52	53	54	54	55	55	55	55	56	56	57	58	59	60
155	51	52	53	54	55	55	55	55	55	56	56	57	58	59	60
160	51	52	54	54	55	55	55	55	55	56	57	58	59	60	61
165	51	52	54	54	55	55	55	55	55	56	57	58	59	60	61
170	51	52	54	55	55	55	55	55	55	56	58	59	60	61	62
175	50	52	54	55	55	55	55	55	57	58	59	60	61	62	62
180	50	52	54	55	55	55	55	55	57	58	59	60	61	62	63
185	50	52	54	55	55	55	55	55	57	58	59	60	61	62	63
190	50	52	54	55	55	55	55	55	57	58	59	61	62	63	64
195	49	52	54	55	55	55	55	55	57	58	60	61	62	63	64
200	49	52	54	55	55	55	55	54	56	58	60	61	62	63	64

Masse surfacique cumulée des enduits (kg/m²)



Performance acoustique R_w+C (dB)
 Exemple de restitution possible
 [Projet Lob+Hie, 2024]

Maquette de bâtiment

Objectif : étudier le comportement acoustique des **briques de terre crue** en environnement maîtrisé

Systèmes constructifs employés :

- Structure bois poteaux / poutres
- Toiture en panneaux bois lamellé croisé (CLT)
- Remplissage en **briques de terre crues extrudées**

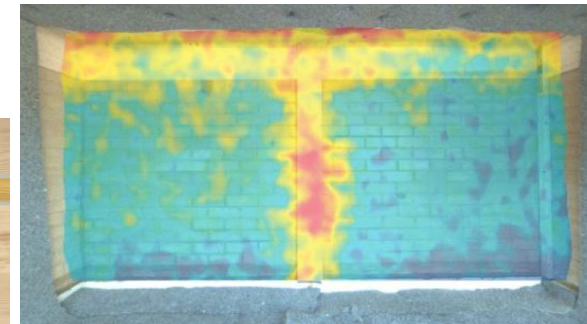


Transmissions latérales K_{ij}

- Mesures croisées CSTB + LASA
- Types de jonctions + influence des capots bois

Transmissions parasites

- Éléments d'ossature
- Renforts acoustiques : capots bois



Performances acoustiques des bâtiments

- Mesures in-situ

- **4 Groupes scolaires** : briques et torchis / briques porteuses, plancher chape de terre crue, cloisons en plaques de terre crue / briques de terre crue / murs en bauge et cloisons torchis
- **1 Centre Accueil** : torchis et adobes
- **3 bâtiments de logements collectifs** : séparatifs double BTC + isolant / séparatifs BTC + doublage / séparatifs BTC + doublage ;
- **Maquette de bâtiment** : murs en BTC extrudées dans structure bois

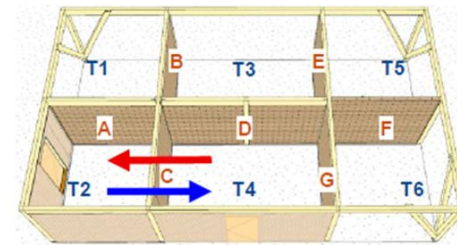
- Mesures des performances acoustiques :

- Isolements bruits aériens $D_{nT,A}$
- Isolements de façades $D_{nT,A,tr}$
- Niveaux bruits d'impact $L'_{nT,w}$

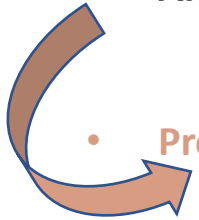
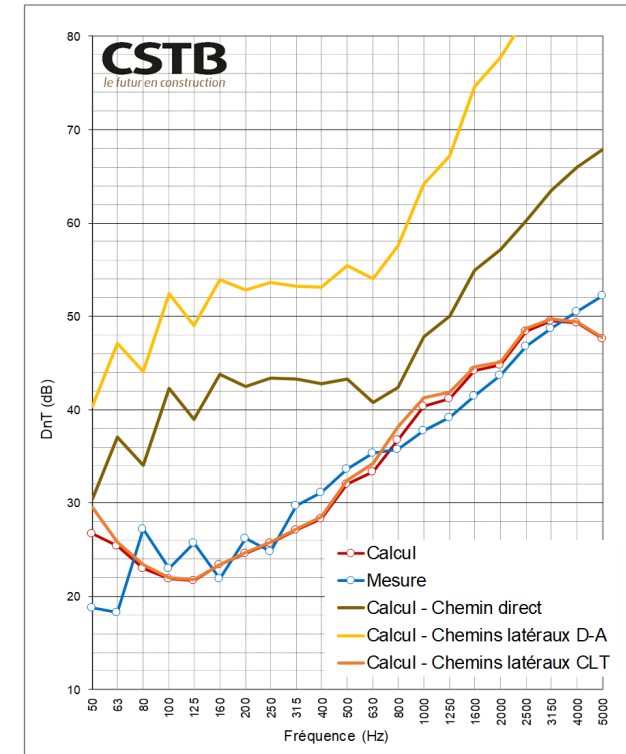


- Modélisation

- En cours
- Normes EN ISO 12354-1 et -2 / AcouBat
- Analyse par chemins de transmission



Isolements aux bruits aériens $D_{nT,w} + C$		
Sens	Calcul	Mesure
T4 -> T2	35 dB	36 dB
T2 -> T4	38 dB	37 dB






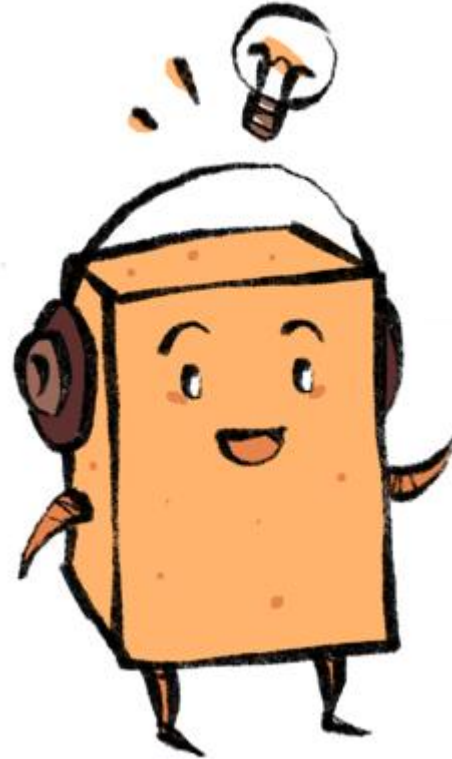
- Propositions de solutions constructives



Enquêtes perceptives



- Étude à l'échelle de l'utilisateur
- **Objectifs de l'étude :**
 - Identifier les **indicateurs perceptifs**
 - Associer **données physiques & perceptives**
 - Produire un **cadre d'évaluation**
- **Méthodologie :**
 - Collecte de données :  **Perception du matériau** : propriétés, représentations, usage
 - Analyse par site :  **Perception sonore** : isolation, réverbération, sensibilité
 - Analyse transversale :  **Perception du confort** : ambiances, contrôle, sensibilité individuelle
- **Avancement :**
 - Enquêtes finalisées
 - Post-traitement en cours de finalisation
 - Mise en place de l'étude de corrélation
- **4** sites d'étude au total
- **13** groupes de personnes interrogées dans **2** équipements publics et **11** logements



Merci de votre attention

Ce projet a été financé par l'Etat dans le cadre du plan France 2030 opéré par l'ADEME, et financé par l'Union européenne NextGenerationEU

Un grand merci à tous les participants au projet !



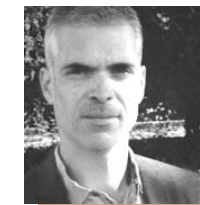
Samuel TOCHON-DANGUY
LASA



Catherine GUIGOU CARTER
CSTB



Philippe GLÉ
CEREMA



Lauredan LE GUEN
Université Gustave Eiffel



Adrien CLÉMENT
LASA



Thibaut BLINET
CSTB



Mathias ZIAPKOFF
CEREMA



Marta MIRANDA SANTOS
ENSA
Normandie



Maxime BERNOT
LASA



Pierre BRIE
LASA



Alain MARCOM
Confédération
Construction
Terre Crue



Rima AYOUBI
Université
Gustave Eiffel

Ils ont participé au projet également : Jérémie Blinkman⁽²⁾ , Thilo Bonino⁽¹⁾, Eliott Bourjaillat⁽³⁾, Laurent Brendel⁽³⁾, Sébastien Cardin⁽¹⁾, Pascal Ducruet⁽²⁾, Ronan Dumesnil⁽³⁾, Elias Kadri⁽²⁾, Alban Godart⁽¹⁾, Ronan Gueneheux⁽²⁾, Annick L'Alloret⁽⁴⁾, Eugène Lacroze⁽¹⁾, Charlotte Laffont⁽¹⁾, Olivier Letourneur⁽¹⁾, Pierre Longa⁽¹⁾, Marie Magnin⁽²⁾, Marie Monier⁽¹⁾, Raphaël Pedeutour⁽¹⁾, Émile Petitperrin⁽²⁾, Ella Pincemin⁽¹⁾, Julien Robert⁽¹⁾, Marc Romagné^(1,3)

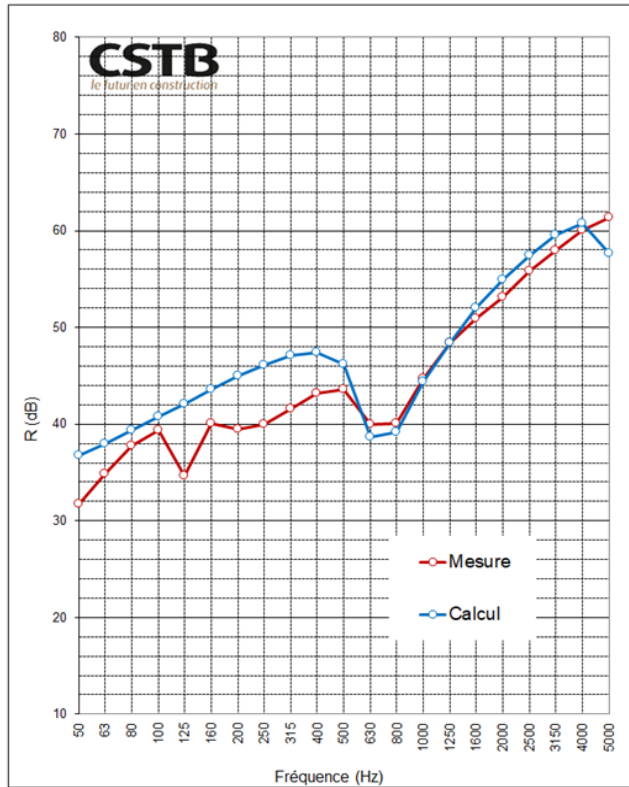
(1) LASA, (2) CSTB, (3) CEREMA , (4) UGE

Annexes

Modélisation parois – Comparaison calcul/mesure

- Paroi Adobe

Paroi nue

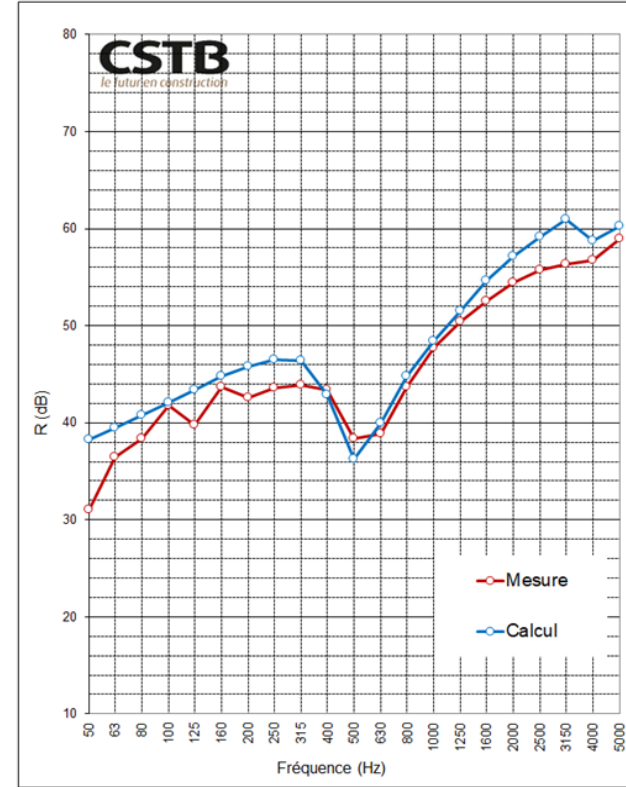


Fréquence (Hz)	Mesure R (dB)	Calcul R (dB)
50	31.7	36.8
63	34.8	38.0
80	37.8	39.4
100	39.4	40.8
125	34.6	42.1
160	40.1	43.6
200	39.5	45.0
250	40.0	46.1
315	41.6	47.1
400	43.2	47.4
500	43.6	46.2
630	40.0	38.7
800	40.1	39.2
1000	44.7	44.4
1250	48.4	48.4
1600	50.9	52.0
2000	53.1	54.9
2500	55.8	57.4
3150	57.9	59.6
4000	60.1	60.8
5000	61.4	57.6

$R_w =$	46	47
$C =$	-1	-2
$C_{tr} =$	-3	-3
$C_{(50-3150)} =$	-1	-2
$C_{tr(50-3150)} =$	-3	-3

$R_w + C =$	45	45
$R_w + C_{tr} =$	43	44

Paroi avec barbotine et enduit



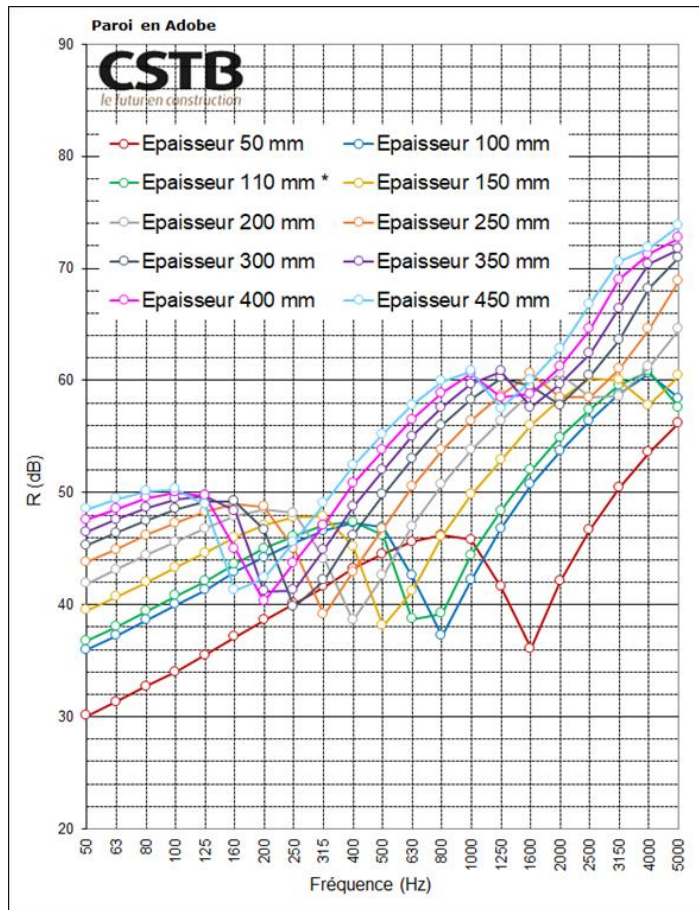
Fréquence (Hz)	Mesure R (dB)	Calcul R (dB)
50	31.0	38.3
63	36.5	39.5
80	38.4	40.8
100	41.8	42.1
125	39.8	43.4
160	43.7	44.8
200	42.6	45.8
250	43.6	46.5
315	43.9	46.4
400	43.4	42.9
500	38.4	36.3
630	38.9	40.0
800	43.7	44.8
1000	47.7	48.4
1250	50.4	51.5
1600	52.5	54.6
2000	54.4	57.1
2500	55.7	59.2
3150	56.3	61.0
4000	56.7	58.8
5000	59.0	60.3

$R_w =$	47	47
$C =$	-1	-1
$C_{tr} =$	-3	-3
$C_{(50-3150)} =$	-1	-1
$C_{tr(50-3150)} =$	-3	-3

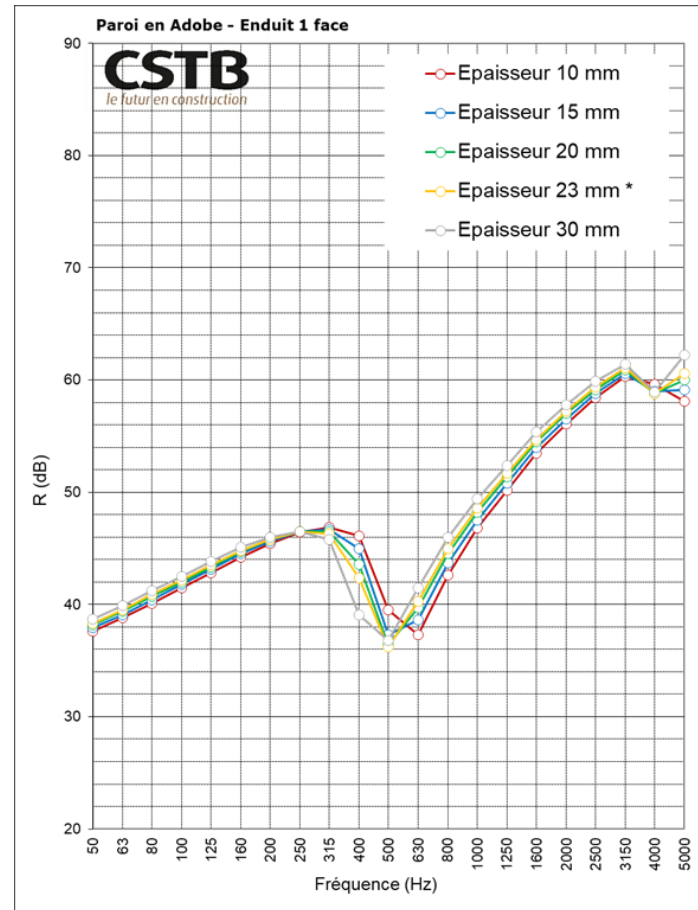
$R_w + C =$	46	46
$R_w + C_{tr} =$	44	44

- Paroi Adobe : Effet épaisseur

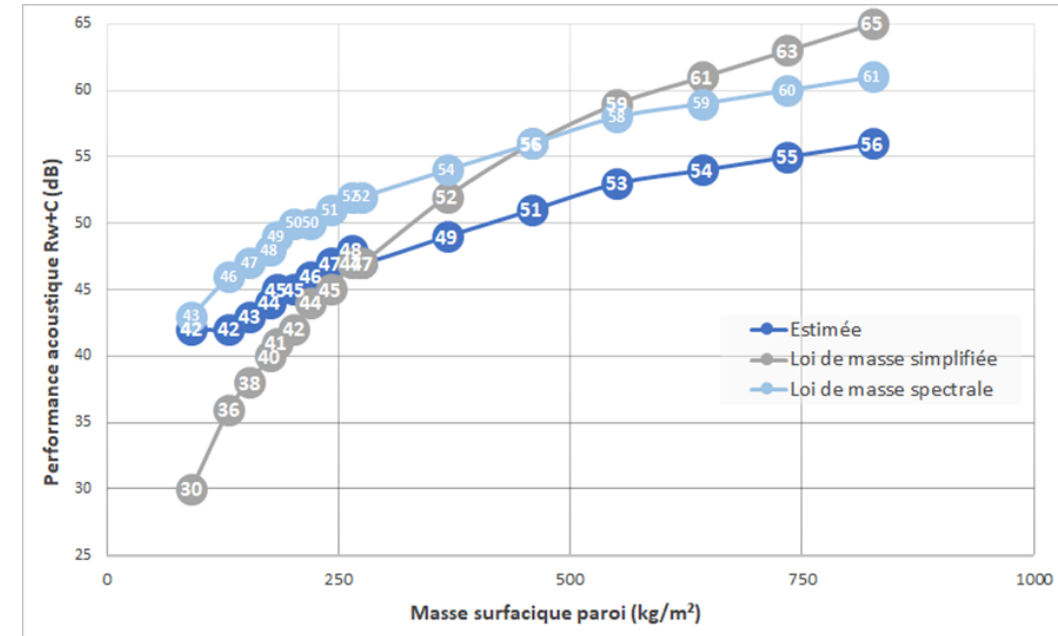
Paroi nue



Paroi avec enduit



Attention à la loi de masse !



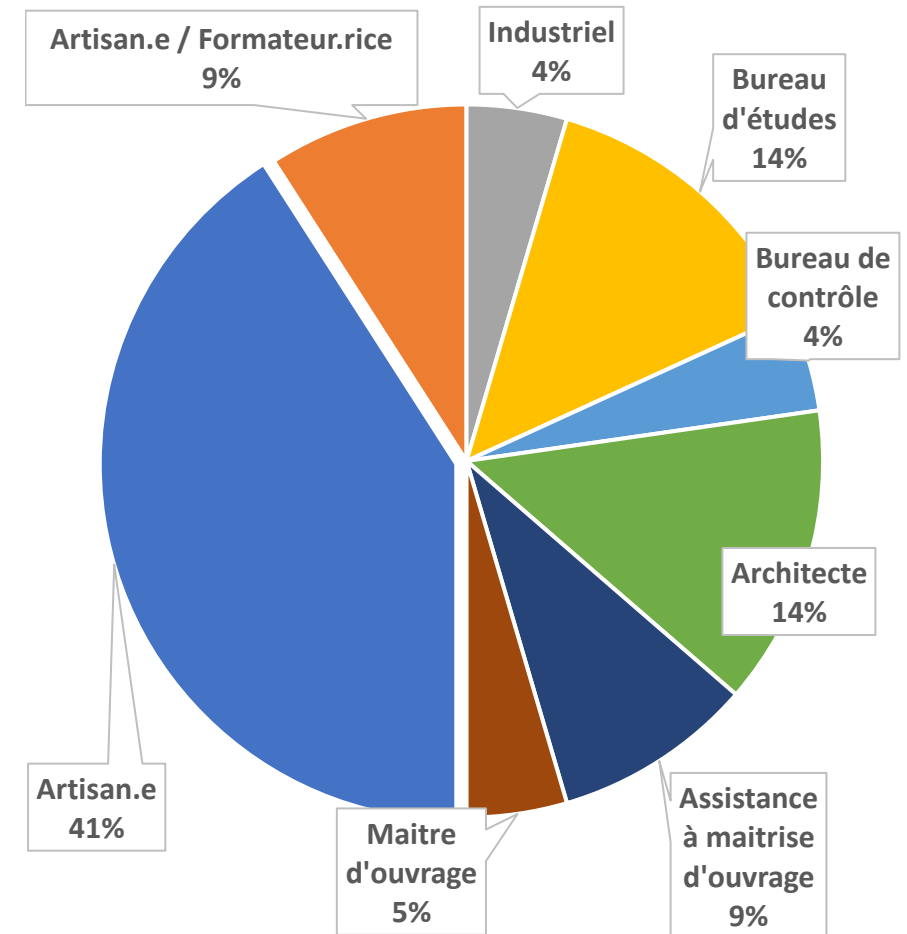
Extrapolations aux configurations rencontrées sur le terrain

Gamme de modélisation envisagée :

Systèmes constructifs		Terre allégée	Torchis	Bauge	Briques de terre	Pisé	Planchers	Correcteur thermique	Enduits fibrés	Enduits
Descriptif										
		Mélange terre argileuse - fibres mis en œuvre banchée, projetée ou préfa, avec ossature	Mélange terre-fibres utilisé en remplissage avec une ossature en bois	Mise en œuvre avec (ou sans) fibres à l'état plastique par des couches successives	Maçonneries avec adobes, briques de terre crue extrudées ou comprimées, fibrées ou non	Mur monolithique banché avec couches de terre dammées sans fibres	Système de plancher lesté en terre crue - A définir -	Formulation intermédiaire entre terre chanvre et enduit fibré	Enduits terre crue avec fibres végétales, plus légers que des enduits terre - sable	Enduits terre-sable, pouvant inclure un peu de fibres
Grandeur évaluée	Absorption	X			?	?		X	X	X
	Affaiblissement	X	X	X	X	X	X			
	Bruit d'impact						X			
Prise en compte ossature		X	X				X			
Déclinaisons en absorption	Support réfléchissant	X			?	?		X	X	X
	Support absorbant	X			?	?		X	X	X
Déclinaisons en affaiblissement	Mur brut				X	X	X			
	Mur enduit ext	?	?	?	X	X				
	Mur enduits ext et int	X	X	X	X	X				
	Mur bardage ext et enduit int	X	X	X	X	X				
	Mur enduit ext et correction thermique int	X	X	X	X	X				
	Mur enduit ext et terre allégée + enduit int		X	X	X	X				
	Mur enduit ext et doublage PTC int	X	X	X	X	X				
	Mur enduit ext et doublage fermacell int	X	X	X	X	X				

Des retours très pertinents

90 contributions de 22 professionnels :



Consultation des professionnels du secteur en 2 temps :

1. Identification des épaisseurs et densités pratiquées
2. Validation des configurations de parois retenues pour les modélisations

Extrapolations par modélisations

Présentation de la **démarche** (pour un système constructif donné) :

1. Définition des masses volumiques, des épaisseurs et des configurations (finitions intérieures et extérieures, traitements particuliers) pratiquées
2. Évaluation des paramètres acoustiques (basée sur données matériaux et biblio)
3. Évaluation des paramètres mécaniques (basée sur données matériaux et biblio)
4. Modélisation

Méthode :

- Nombre de modélisations très important vu les différentes configurations pour chaque système constructif
- Approche par plan d'expérience pour obtenir des lois de comportement de la performance acoustique

		Epaisseur du terre-chanvre (mm)														
		80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
Masse surfacique cumulée des enduits (kg/m²)	10	34	34	34	34	35	35	35	36	36	36	37	37	37	38	38
	15	35	35	35	35	36	36	36	37	37	37	38	38	38	39	39
	20	36	36	36	37	37	37	38	38	38	38	39	39	39	40	40
	25	37	37	37	38	38	38	39	39	39	40	40	40	40	41	41
	30	38	38	38	39	39	39	40	40	40	41	41	41	41	42	42
	35	39	39	39	40	40	40	41	41	41	42	42	42	42	43	43
	40	40	40	40	41	41	41	42	42	42	43	43	43	43	44	44
	45	41	41	41	42	42	42	43	43	43	44	44	44	44	45	45
	50	42	42	42	43	43	43	44	44	44	45	45	45	45	46	46
	55	43	43	43	43	44	44	45	45	45	46	46	46	46	47	47
	60	43	44	44	44	45	45	45	46	46	46	47	47	47	48	48
	65	44	44	45	45	45	46	46	47	47	47	48	48	48	49	49
	70	45	45	46	46	46	47	47	47	48	48	48	49	49	49	50
	75	46	46	46	47	47	47	48	48	48	49	49	49	50	50	50
	80	46	47	47	47	48	48	48	49	49	49	50	50	50	51	51
	85	47	47	48	48	48	49	49	50	50	50	51	51	51	52	52
	90	47	48	48	49	49	49	50	50	51	51	51	52	52	52	53
	95	48	48	49	49	50	50	50	51	51	52	52	52	53	53	54
	100	48	49	49	50	50	51	51	51	52	52	53	53	53	54	54
	105	49	49	50	50	51	51	52	52	52	53	53	54	54	55	55
110	49	50	50	51	51	52	52	52	53	53	54	54	55	55	56	
115	50	50	51	51	52	52	52	53	53	54	54	55	55	56	56	
120	50	51	51	52	52	53	53	53	54	54	55	55	56	56	57	
125	50	51	52	52	53	53	53	54	54	55	55	56	57	57	58	
130	50	51	52	53	53	53	54	54	55	55	56	56	57	58	58	
135	51	52	52	53	53	54	54	54	55	55	56	56	57	58	59	
140	51	52	53	53	54	54	54	54	55	55	56	57	57	58	59	
145	51	52	53	54	54	54	55	55	55	56	56	57	58	59	60	
150	51	52	53	54	54	55	55	55	55	56	57	58	59	60	60	
155	51	52	53	54	55	55	55	55	56	57	58	59	59	60	61	
160	51	52	54	54	55	55	55	55	56	57	58	59	60	61	61	
165	51	52	54	54	55	55	55	55	56	57	58	59	60	61	62	
170	51	52	54	55	55	55	55	55	56	58	59	60	61	61	62	
175	50	52	54	55	55	55	55	55	57	58	59	60	61	62	62	
180	50	52	54	55	55	55	55	55	57	58	59	60	61	62	63	
185	50	52	54	55	55	55	55	55	57	58	59	60	61	62	63	
190	50	52	54	55	55	55	55	55	57	58	59	61	62	63	64	
195	49	52	54	55	55	55	55	55	57	58	60	61	62	63	64	
200	49	52	54	55	55	55	55	54	56	58	60	61	62	63	64	

Performance acoustique $R_w + C$ (dB)

Exemple de restitution possible

[Projet Lob+Hie, 2024]

Transmissions latérales et parasites sur maquette de bâtiment

Objectif : étudier le comportement acoustique des **briques de terre crue** en environnement maîtrisé

> **Maquette de bâtiment échelle 1 conçue et construite** spécifiquement par et pour le projet de recherche **CarAc'Terre**

Systemes constructifs employés :

- Structure bois poteaux / poutres
- Toiture en panneaux bois lamellé croisé (CLT)
- Remplissage en **briques de terre crues extrudées**



Chantier : juillet à septembre 2025 - **Mesures** : octobre et novembre 2025

Étude des transmissions sur maquette de bâtiment

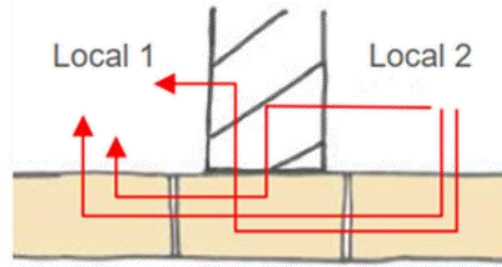


Étude des transmissions sur maquette de bâtiment

Transmissions latérales K_{ij}

- Liaisons briques / bois : poteaux, poutres, et percussion sous CLT

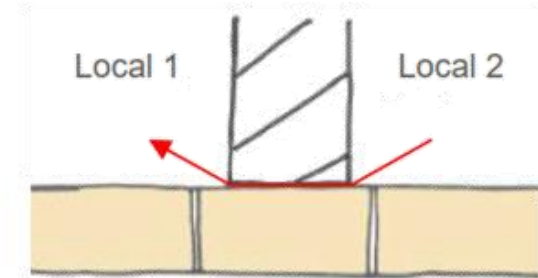
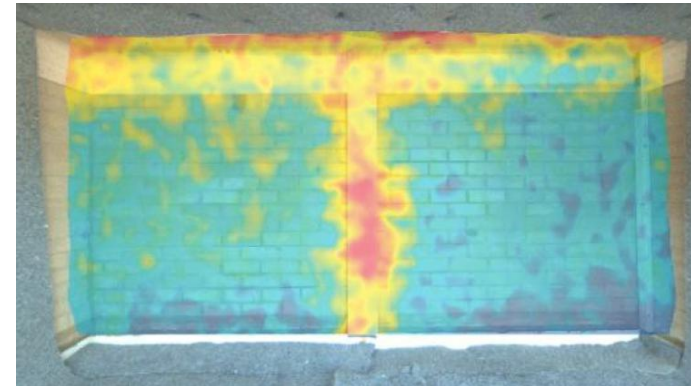
Avec équerres anti-déversement, croix brique, bois ...



- **Synthèse** des mesures CSTB et LASA : proposition de **K_{ij} pour 7 types de jonctions** + **influence des capots**

Transmissions parasites

- Jonctions périphériques des parois en briques avec la structure bois
- Cartographie des transmissions



- Renforts acoustiques : capots bois



Mesures in situ des performances acoustiques des bâtiments

- Mise à jour du recensement (livrable L1.3) : **29 bâtiments identifiés** à ce jour
- Campagnes de mesures in-situ **finalisées** :
 - **Groupe scolaire** Pesquet à Villepreux (78) : **briques et torchis** ;
 - **Groupe scolaire** à Rosny-sous-Bois (93) : **briques porteuses, plancher chape de terre crue, cloisons en plaques de terre crue** ;
 - **Centre Accueil** Loisir de Saint Sulpice la Forêt (35) : **torchis et adobes** ;
 - **Groupe Scolaire** Rosa Bonheur à Aucamville (31) : **briques de terre crue** ;
 - **Groupe Scolaire** à Mordelle (35) : **murs en bauge et cloisons torchis** ;
 - **Logements** collectifs le Jardin des Balmes à la Croix-Rousse (69) : **séparatifs double BTC + isolant** ;
 - **Logements** collectifs Terradora à Montpellier (34) : **séparatifs BTC + doublage** ;
 - **Logements** collectifs à Biganos (33) : **séparatifs BTC + doublage** ;
 - **Maquette de bâtiment** construite aux GAIA spécifiquement pour CarAc'Terre : **murs en BTC extrudées dans structure bois**

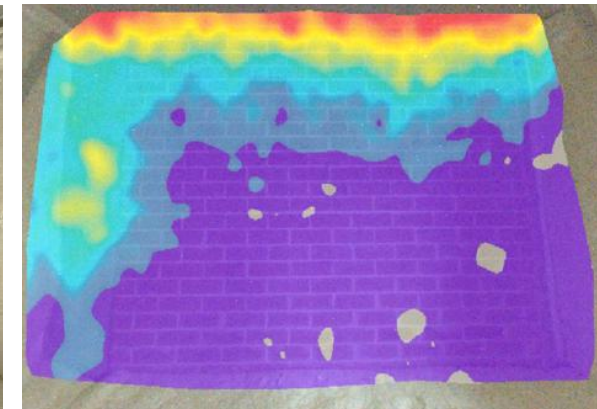
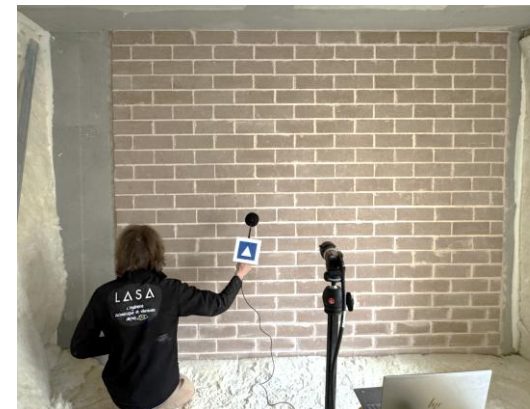
- Mesures des **performances acoustiques** :

- Isolements bruits aériens $D_{nT,A}$
- Isolements de façades $D_{nT,A,tr}$
- Niveaux bruits d'impact $L'_{nT,w}$
- Réverbération T_r
- Transmissions latérales K_{ij}

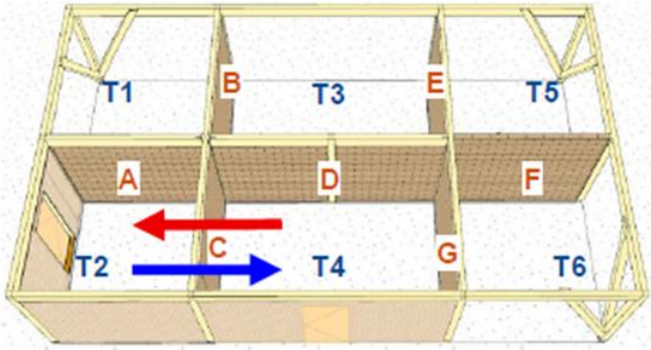


- Enrichies avec des **mesures intensimétriques** :

- Cartographies d'intensité et analyse des voies de transmission
- Affaiblissements de parois R *in situ*
- Transmissions latérales

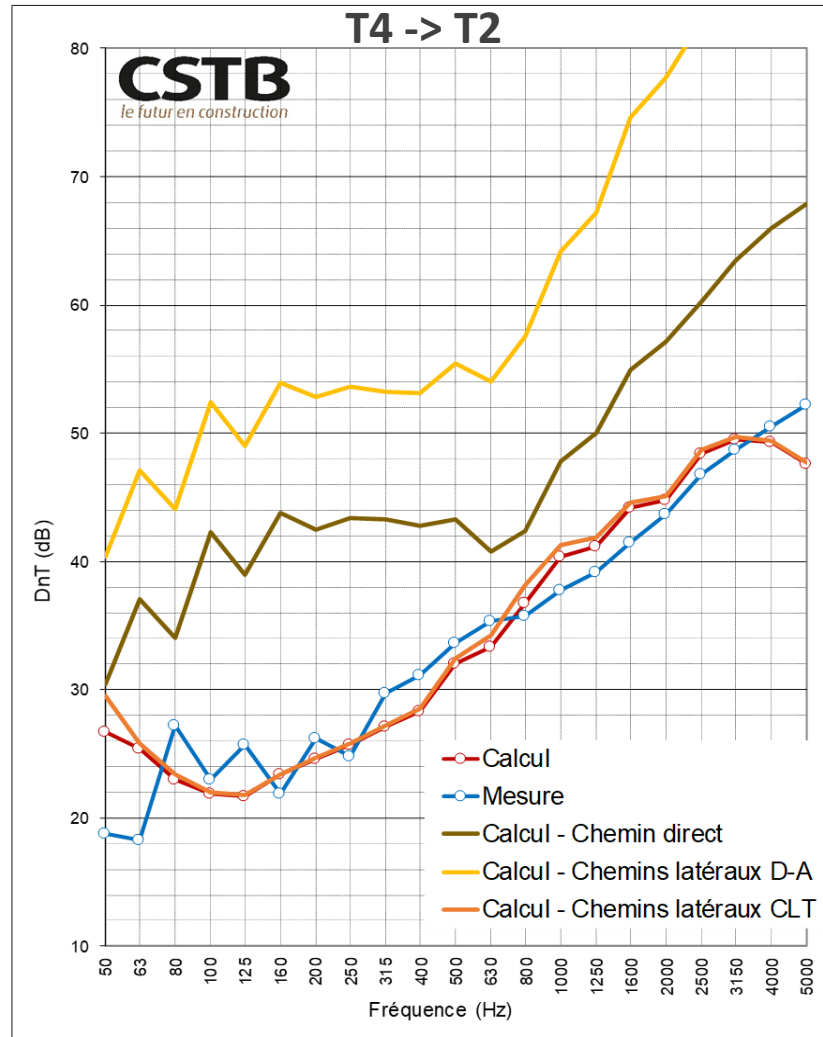


Maquette GAIA



Spectre Isolements aux bruits aériens :

T4 -> T2



Isolements aux bruits aériens

$D_{nT,w} + C$

Sens	Calcul	Mesure
T4 -> T2	35 dB	36 dB
T2 -> T4	38 dB	37 dB

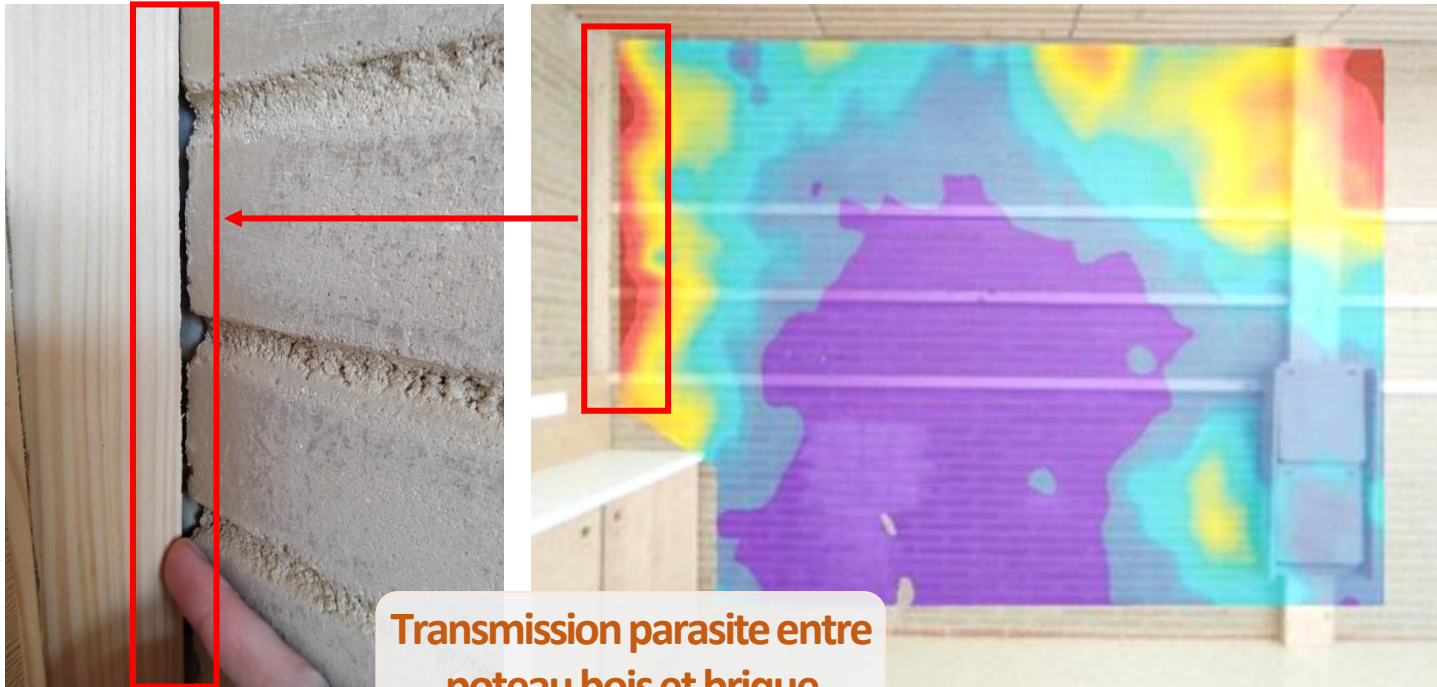
Utilisation des **données d'entrée** générées dans le cadre du projet :

- Indice d'**affaiblissement** acoustique mesuré en laboratoire pour le mur en BTCE (**L2.3.1.7**)
- Indices d'**affaiblissement vibratoire aux jonctions Kij** proposés à partir des mesures réalisées sur la maquette GAIA (**L2.4**)
- **Mesures acoustiques in situ** sur la maquette GAIA (**L3.1.9**)
- Indice d'affaiblissement acoustique du CLT 120 mm (base de données CSTB)

Modélisation :

- **Normes** EN ISO 12354-1 / AcouBat
- Analyse par **chemins de transmission**
- **Comparaison calcul / mesure très satisfaisante**
- Ajout d'un plafond suspendu sous le CLT -> **amélioration possible de plus de 10 dB**

Mesures in situ des performances acoustiques des bâtiments






Transmission parasite entre poteau bois et brique

- Identification des **voies de transmissions** prépondérantes
- **Hétérogénéité** des transmissions directes, transmissions parasites aux **jonctions**, ...



Enquêtes perceptives



- Étude à l'échelle de l'utilisateur
- **Objectifs de l'étude :**
 - Identifier les **indicateurs perceptifs**
 - Associer **données physiques & perceptives**
 - Produire un **cadre d'évaluation**
- **Méthodologie :**
 - Collecte de données :  **Perception du matériau** : propriétés, représentations, usage
 - Analyse par site :  **Perception sonore** : isolation, réverbération, sensibilité
 - Analyse transversale :  **Perception du confort** : ambiances, contrôle, sensibilité individuelle

Enquêtes perceptives

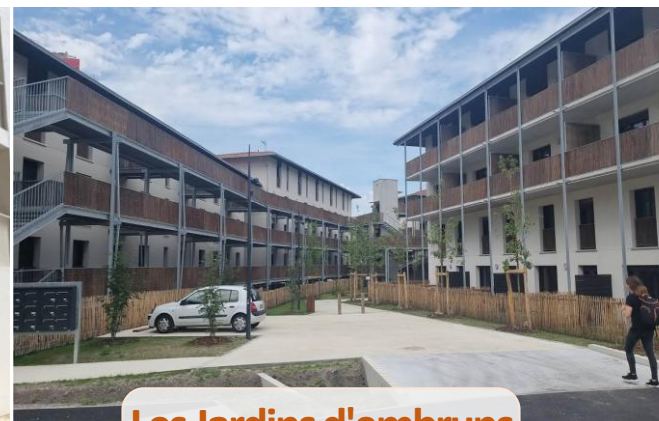
- **4** sites d'étude au total
- **13** groupes de personnes interrogées dans **2** équipements publics et **11** logements



Accueil de loisirs
Saint Sulpice-la-Forêt (35)



Résidence Terra Dora
Monpellier (34)



Les Jardins d'embruns
Biganos (33)



Médiathèque
Trignac (44)

- **Avancement :**
 - Enquêtes en cours de finalisation
 - Post-traitement des premières enquêtes
 - Mise en place de l'étude de corrélation

Premières conclusions et quelques exemples de solutions



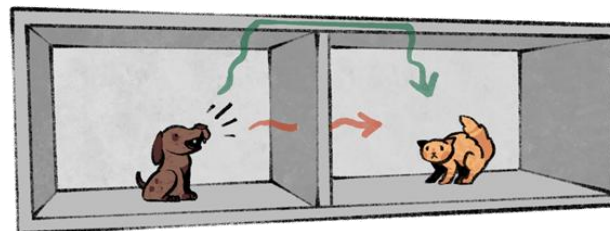
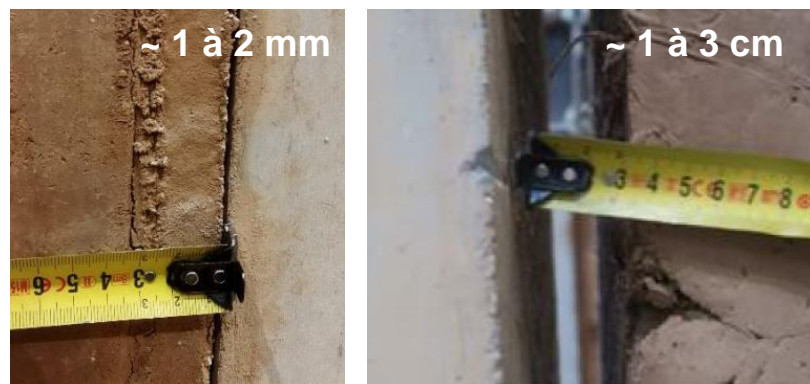
Importance capitale de la **gestion des transmissions parasites** et du **traitement des retraits** du matériau terre :



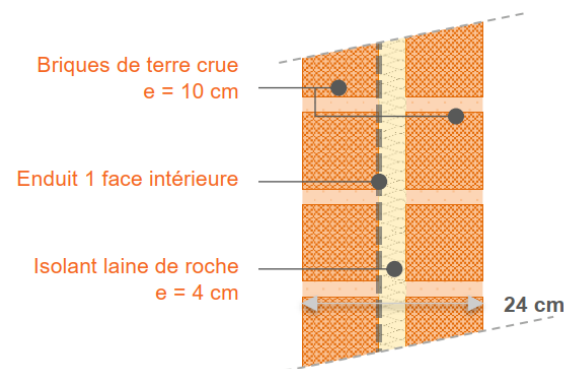
Importance capitale de la **gestion des transmissions latérales** :



Exemple de séparatif possible **entre logements** :



Exemples des isolements acoustiques mesurés dans la maquette : la performance entre locaux est limitée par la transmission par la toiture CLT filant.



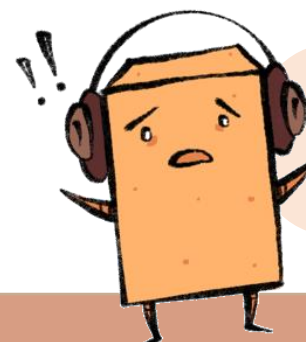
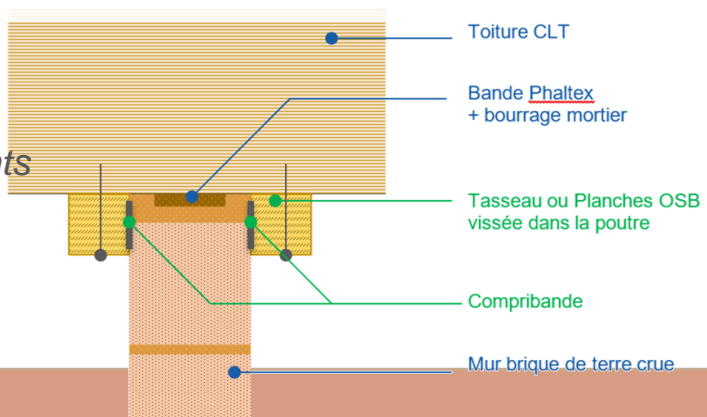
Exemple possible de **séparatifs salles de classe** :



CLOISON TORCHIS

TER04 - Cloison torchis
- torchis 150 mm
- enduit terre côté classe

Exemples de gestion des jonctions : joints étanches et tasseaux bois



Nécessité d'étude au cas par cas