

ET SOLIDAIRE







Smart-Réno

Fiabiliser, Professionnaliser, Valoriser la Rénovation Energétique Premier Volet: Fiabiliser la Rénovation

Livrable T1.7 – Dissémination d'une gamme de services d'évaluation hygrothermique

Auteurs:

Claire Roussey, François Monnet, Julien Arnaud, Geoffrey Louis-Villemin

SOMMAIRE

1.	Intro	duction	3
2.	Outil	d'aide au diagnostic du bâti existant	3
	2.1.	Outil Excel – Diagnostic humidité	3
	2.2.	Fiches d'aide à l'identification des matériaux	10
		2.2.1. Application de ces outils sur 3 cas d'étude	12
3.	Concl	lusions et perspectives	26
4.	ANNF	FXF 1	27

1. Introduction

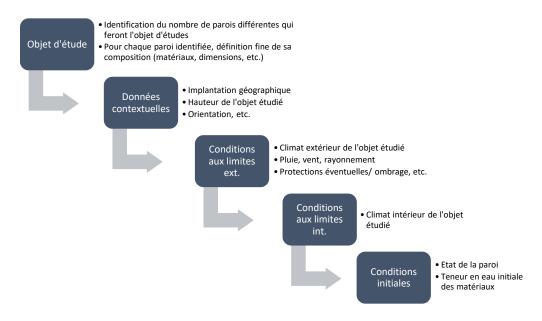
L'importance de la prise en compte des risques hygrothermiques a été évoquée dans le livrable de la tâche 1.6 du projet. Cette prise en compte des phénomènes d'humidité au sein du bâtiment commence dans un premier temps par un diagnostic du bâtiment existant qui permet d'apporter des éléments de précision sur la composition des parois, les conditions limites et les conditions initiales. Ce diagnostic permet alors d'une part d'analyser le comportement hygrothermique du bâtiment existant et d'autre part de récolter les données nécessaires pour réaliser une simulation des transferts hygrothermiques au sein de l'enveloppe du bâtiment. La simulation permet d'anticiper les dégâts causés par l'humidité et d'appréhender les phénomènes de transferts hygrothermiques qui vont se dérouler au sein du bâtiment.

Ce livrable propose des outils pour faciliter le diagnostic humidité d'un bâtiment existant, et se termine par des perspectives afin de disséminer par la suite l'outil de simulation simplifié qui a été développé lors de ce projet dans la tâche 1.6. La tâche 1.7 est étroitement liée à la tâche 1.6 qui concerne la création de ces méthodes et de ces outils. De nombreuses précisions sur la nécessité de développement des outils sont alors décrites dans le livrable de la tâche 1.6. Ce livrable présente les outils qui ont été développés qui peuvent être utilisés par les acteurs de la filière afin de réaliser un diagnostic humidité.

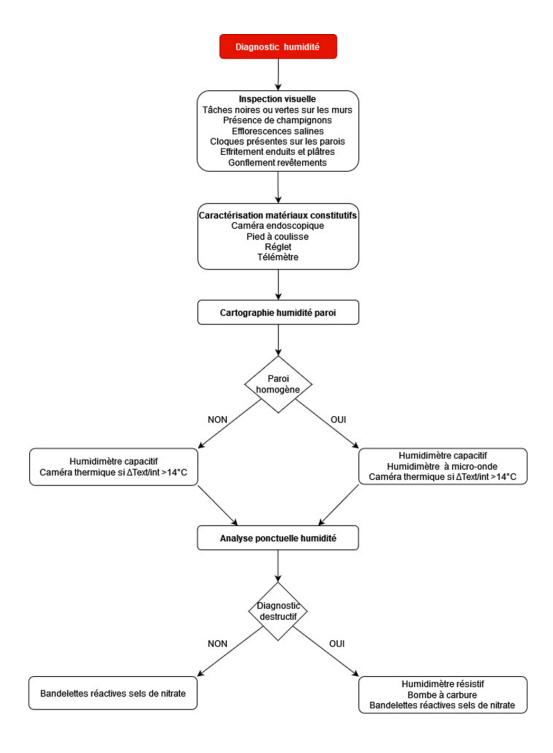
2. Outil d'aide au diagnostic du bâti existant

2.1. Outil Excel – Diagnostic humidité

Pour réaliser un diagnostic humidité complet du bâtiment existant, de nombreuses données sont à récolter. Un schéma regroupant l'ensemble des données à récolter, explicité dans la tâche 1.6 est représenté ci-dessous.



Pour pouvoir récolter les caractéristiques matériaux ainsi que leurs conditions initiales, une arborescence, explicitée dans la tâche 1.6 peut être suivie. Cette arborescence donne les appareils à utiliser suivant les diagnostics possibles.



Afin de ne pas omettre de données, et de suivre un protocole de récolte fiable, un outil a été développé sur Excel, afin de récolter l'ensemble des données sur l'objet d'étude, les données contextuelles, les conditions aux limites et les conditions initiales. Cet outil est présenté ci-dessous.

ENVIRONNEMENT

Nom opération

DONNEES DIAGNOSTIC									
Référence du diagnostic :									
Date:									
DONNEES OPERATION									
Typologie de bâtiment :									
Adresse :									
Date de construction :									
Surface du bâtiment :									
Hauteur du bâtiment :									
Bâtiment ayant déjà subi une rénovation thermique :									
Situation lors du diagnostic :									
Bâtiment occupé lors du diagnostic :									
Type de diagnostic possible :									
Vue aérienne avec orientation									
Photo globale du bâtiment									

CLIMAT INTERIEUR ET EXTERIEUR

Climat extérieur :

Station météo à proximi	té:		
Conditions climatiques :			
	T°C	H%	
Extérieur			
Climat intérieur :			
Situation lors du diagnostic (av	ant rénovation)		
Bâtiment occupé les jours	et semaines précédent le diagnostic :		
Si non, état du bâtiment lo	rs du disgnostic		
Zone I			
Evaluation de l'occupation	:		
Zone intégrant espaces hu	mides (Sdb, cuisine)		
Eléments intérieurs appor	tant de l'humidité (hamam, piscine, etc.)		
Zone chauffée			
Température lors du diagr	ostic (°C)		
Humidéité relative lors du	diagnostic (%)		
Ventilation mécanique			
Type de ventilation			
Ventilation en fonctionnen	nent		
Bouches d'extraction et en	trée d'air présentes		
Bouches d'extraction et en	trées d'air réglementaires		
Si pas de VMC, système de	renouvellement d'air naturel		
Appréciation du niveau d'é	tanchéité à l'air		
Zone 2	l		
Evaluation de l'occupation	:		
Zone intégrant espaces hu			
	tant de l'humidité (hamam, piscine, etc.)		
Zone chauffée	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		
Température lors du diagr	nostic (°C)		
Humidéité relative lors du	diagnostic (%)		
Ventilation mécanique			
Type de ventilation			
Ventilation en fonctionnen	nent		
Bouches d'extraction et en	trée d'air présentes		
Bouches d'extraction et en	trées d'air réglementaires		
Si pas de VMC, système de	renouvellement d'air naturel		
Appréciation du niveau d'é	tanchéité à l'air		

PAROIS ETUDIEES	
Nombre de parois étudiées	
Plan avec localisation des différentes parois	
Coupe avec localisation des différentes parois	
- Coupe aree recansation des amereness par ons	
1	

PAROI I

Dénomination paroi

INFOS GENERALES				
Type de paroi :				
Si toiture - Pente :				
Orientation(s):				
Conditions d'ensoleillement extérieur :	•	•		
Couleur du revêtement extérieur (avant rénovation)				
Climat extérieur :				
Climat intérieur avant rénovation :				

COUPE ET DESCRIPTION				
Dessin			Туре	Ep. (mm)
	Int.	Matériau I		
		Matériau 2		
		Matériau 3		
		Matériau 4		
		Matériau 5		
		Matériau 6		
		Matériau 7		
		Matériau 8		
		Matériau 9		
	Ext.	Matériau 10		

DIAGNOSTIC PATHOLOGIE

Diagnostic visuel

Diagnostic visuel																					
	Туре								Loca	lisatio	n								Clich	é	
Constat I																				1	
Constat 2																				2	
Constat 3																					
Constat 4																					
CONCLUSION	ONS INTERMEDIAIRES																				
Mesure d'h	numidité des matériaux (hygromèt	re ré	sistif,	bom	be à	carb	ure,	etc.)													
											Val	eurs									
	Matériel utilisé	Т	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ш	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Matériau I																					
CONCLUSION	ONS INTERMEDIAIRES																				
Matrice re	lative de l'humidité dans la paroi (h	varo	màti	.e cai	aciti	f the	rmo	aran	hia ı	ıltra	on a	atc)									
	colorée de la paroi (thermographie, ultrason) o									iiti as	oii, t	:cc.)									
		•						•	•												
CONCLUSION	ONS INTERMEDIAIRES																				

Mesure continue de l'ambiance interne à la paroi

CLICHES

Paroi (matériaux, ambiances int. et ext.)

Pathologies

PAROI 2

Dénomination paroi

INFOS GENERALES									
Type de paroi :									
Si toiture - Pente :									
Orientation(s):									
Conditions d'ensoleillement extérieur :									
Couleur du revêtement extérieur (avant rénovation)									
Climat extérieur :									
Climat intérieur avant rénovation :									

COUPE ET DESCRIPTION				
Dessin			Туре	Ep. (mm)
	Int.	Matériau I		
		Matériau 2		
		Matériau 3		
		Matériau 4		
		Matériau 5		
		Matériau 6		
		Matériau 7		
		Matériau 8		
		Matériau 9		
	Ext.	Matériau 10		

DIAGNOSTIC PATHOLOGIE

Diagnostic visuel

Diagnostic visuel																					
	Туре								Loca	lisatio	n								Clich	é	
Constat I																				1	
Constat 2																				2	
Constat 3																					
Constat 4																					
CONCLUSION	ONS INTERMEDIAIRES																				
Mesure d'h	numidité des matériaux (hygromèt	re ré	sistif,	bom	be à	carb	ure,	etc.)													
											Val	eurs									
	Matériel utilisé	Т	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ш	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Matériau I																					
CONCLUSION	ONS INTERMEDIAIRES																				
Matrice re	lative de l'humidité dans la paroi (h	varo	màti	.e cai	aciti	f the	rmo	aran	hia ı	ıltrad	on a	atc)									
	colorée de la paroi (thermographie, ultrason) o									iiti as	oii, t	:cc.)									
								•	•												
CONCLUSION	ONS INTERMEDIAIRES																				

Mesure continue de l'ambiance interne à la paroi

CLICHES

Paroi (matériaux, ambiances int. et ext.)

Pathologies

De nombreux menus déroulants sont prévus sur l'outil Excel pour définir la donnée. Ces menus déroulants sont les suivants :

Orientation

Ν

S

Ε

0

Type de paroi

Mur

Toiture

Dalle sur terre-plein

Dalle sur cave ou VS

Conditions d'ensoleillement

Sans masque solaire Partiellement ombragé Intégralement ombragé

Couleur de revêtement

Très clair

Clair

Moyen

Foncé

Très foncé

Climat extérieur

Extérieur

Extérieur abrité

Zone tampon (serre, veranda, etc.)

Climat intérieur avant rénovation

Zone 1

Zone 2

Zone 3

Zone 4

Zone 5

Zone 6

Zone 7

Zone 8

Constat

Développement de moisissures

Efflorescences (affleurement de sels)

Revêtement int. abîmé : fissures Revêtement int. abîmé : effritement Revêtement int. abîmé : coulures

Changement de couleur lié à l'humidité (humidité dans le matériau)

Traces d'eau liquides en pied de paroi

Sans objet

Localisation

Pied de paroi (jusqu'à 1m environ) Sur l'ensemble de la paroi concernée Sur les tableaux de menuiseries Dans les angles concaves uniquement Localement - préciser

Conditions climatiques

Ensoleillé

Partiellement couvert

Couvert

Pluvieux

Typologie de bâtiment

Maison individuelle Bâtiment collectif

Bâtiment tertiaire : bureaux

Bâtiment tertiaire : équipement public

Autre:

subi une réno?

Oui

Non

Situation lors du diagnostic

Bâtiment mis à nu pour une rénovation proche Rénovation prévue à court termes, suite au diagnostic Pas de rénovation prévue à court termes

type de diag possible

Destructif possible

Non destructif avec possibilité de réaliser des percements localisés et discrets Aucun sondage destructif possible

Bât. Occupé

Oui

Non

Evaluation de l'occupation

 $m^2/pers. < 20$ $20 < m^2/pers. < 40$ $40 < m^2/pers.$ Sans objet

Etat du bâtiment

inoccupé mais ventilé et chauffé, bâti globalement sain inoccupé mais ventilé et chauffé, bâti dégradé inoccupé, non ventilé et non chauffé mais bâti en bon état général inoccupé, non ventilé et non chauffé et bâti dégradé (infiltrations, etc.) Sans objet

type de ventilation

Hygro A oui Hygro B non

Double flux non vérifiable lors du diagnostic

Sans objet Sans objet

niveau etair

très bon (bâtiment récent, RT 2012) Moyen (bâtiment rénové, menuiseries changées et en bon état) Mauvais (bâtiment ancien sans rénovation)

À cet outil Excel s'ajoutent des fiches d'aide pour l'identification des matériaux du bâtiment à rénover.

2.2. Fiches d'aide à l'identification des matériaux

Ces fiches contiennent des informations afin de reconnaître le matériau, et également des informations sur son comportement hygrothermique.

Les fiches sont classées en plusieurs grandes familles (23) selon l'arborescence ci-dessous :

Matériaux naturels primaires

-	<u>Pierre</u>		
	0	Roches métamorphiques	NP_Pierre – N°1
	0	Roches magmatiques	NP_Pierre – N°2
	0	Roches sédimentaires	NP_Pierre – N°3
-	<u>Terre</u>		
	0	Terre crue – Torchis	NP_Terre – N°1
	0	Terre crue – Bauge	NP_Terre – N°2
	0	Terre crue – Pisé	NP_Terre – N°3

	0	Terre crue – Brique de terre crue	NP_Terre – N°4
	0	Enduit terre	NP_Terre – N°5
-	<u>Bois</u>		
	0	Bois feuillu – dense	NP_Bois – N°1
	0	Bois résineux – tendre	NP_Bois – N°2
Matéria	aux tran	sformés	
-	Enduits	s et mortiers	
	0	Enduit - Mortier de chaux	T_Enduit – N°1
	0	Enduit - Mortier ciment	T_Enduit – N°2
	0	Enduit plâtre	T_Enduit – N°3
-	Blocs d	<u>e maçonnerie</u>	
	0	Brique de terre cuite pleine	T_Brique – N°1
	0	Brique de terre cuite creuse	T_Brique – N°2
	0	Parpaing plein	T_Béton – N°1
	0	Parpaing creux	T_Béton – N°2
	0	Béton cellulaire	T_Béton – N°3
-	<u>Béton</u>		
	0	Béton armé	T_Béton – N°4
	0	Béton de mâchefer	T_Béton – N°5
-	Isolants	S	
	0	Isolants synthétiques	T_Isolant – N°1
	0	Isolants minéraux	T_Isolant – N°2
	0	Isolants biosourcés	T_Isolant – N°3

Toutes les fiches sont organisées de la même manière :

Page 1 - Eléments de reconnaissance du matériau :

- Type d'emploi/description qui permet de comprendre dans quel cadre, pour quel usage ce matériau est susceptible d'être retrouvé
- Période d'emploi qui permet de savoir sur quelle période de construction ce matériau est susceptible d'être retrouvé. Ceci permet d'avoir une première appréciation en fonction de l'âge du bien.
- Localisation géographique qui permet de savoir s'il est possible de rencontrer raisonnablement tel ou tel matériau dans telle région.
- Des éléments de reconnaissance par l'apparence : couleur, grain, techniques particulières, etc., parfois pour le discerner d'un autre matériau très proche mais présentant des propriétés différentes.

Page 2 - Eléments de reconnaissance du matériau :

• Les caractéristiques physiques / hygrothermiques afin de savoir de quelle manière peut se comporter ce matériau à l'humidité. Chacune de ces propriétés peut être

extrêmement variable au sein d'une même famille, ce qui justifie parfois l'usage de fourchettes de valeurs. On y retrouve :

- La densité
- La porosité
- \circ La résistance à la diffusion de vapeur μ (sans unité) : caractérise la capacité d'un matériau à s'opposer au flux de vapeur d'eau. Plus cette valeur μ est élevée et plus le matériau est dit « fermé » à la diffusion de vapeur.
- O W₈₀ Hygroscopicité (%): C'est la teneur en eau de référence d'un matériau, dans une ambiance avec une humidité relative de 80 %. L'hygrocopicité indique la capacité du matériau à stocker de l'eau en fonction de l'humidité de l'air.
- o Capillarité A (kg/m²·s¹/²): Coefficient d'absorption d'eau liquide, représente la capacité du matériau à absorber l'eau liquide lorsqu'il est mis en contact avec un plan d'eau. Plus A est grand, plus le matériau « absorbe » l'eau.
- Les pathologies liées à l'humidité donne une indication au diagnostiqueur sur les pathologies qu'il peut rencontrer avec les différents matériaux, liées à l'humidité.
- Méthode de mesure de l'humidité. Dans le cadre du travail réalisé lors du projet, des méthodes de mesure de l'humidité pour chaque matériau ont été établies. Ces méthodes permettent d'obtenir un ordre de grandeur de l'humidité du matériau, ou une teneur en eau précise des matériaux.
- Bibliographie : éléments et sources bibliographiques.

L'ensemble des 23 fiches sont présentées d'ans l'Annexe 1.

2.2.1. Application de ces outils sur 3 cas d'étude

Ces outils ont été utilisés sur 3 cas d'étude, proches de la région nantaise. Les résultats obtenus sur les outils sont présentés sur les pages ci-dessous.

Environ ½ journée est nécessaire pour réaliser un diagnostic humidité avec ces outils de suivi. Il ressort de ces applications les éléments suivants :

- L'outil Excel est simple à prendre en main et simple d'utilisation. L'ensemble des données nécessaires sont ainsi récoltées, et aucune donnée n'est omise.
- L'utilisation de ces outils permet de correctement préparer et anticiper le diagnostic avant d'être sur place.
- Les fiches matériaux sont facilement utilisables et permettent de bien appréhender le comportement hygrothermique des matériaux. Des ajouts de matériaux à cette première version peuvent être faits en suivant la même trame.

ENVIRONNEMENT

Nom opération

DONNEES DIAGNOSTIC

Référence du diagnostic :	Maison rénové, 10 rue Notre Dame le cellier
Date:	28/09/2021

DONNEES OPERATION

Typologie de bâtiment :	Maison individuelle
Adresse:	10 rue note dame ; 44850 le Cellier
Date de construction :	1870
Surface du bâtiment :	217,62 m² (Geoportail)
Hauteur du bâtiment :	7,5 m sous faitage

Bâtiment ayant déjà subi une rénovation thermique :	Oui
Situation lors du diagnostic :	Pas de rénovation prévue à court termes
Bâtiment occupé lors du diagnostic :	Oui
Type de diagnostic possible :	Non destructif avec possibilité de réaliser des percements localisés et discrets

Vue aérienne avec orientation





Photo globale du bâtiment



Photo coté rue



Photo coté cours

CLIMAT INTERIEUR ET EXTERIEUR

Climat extérieur :

Station météo à proximité :	NANTES-BOUGUENAIS
Conditions climatiques :	Ensoleillé

	т°С	Н%
Extérieur	17	1

Climat intérieur :

Situation lors du diagnostic (avant rénovation)

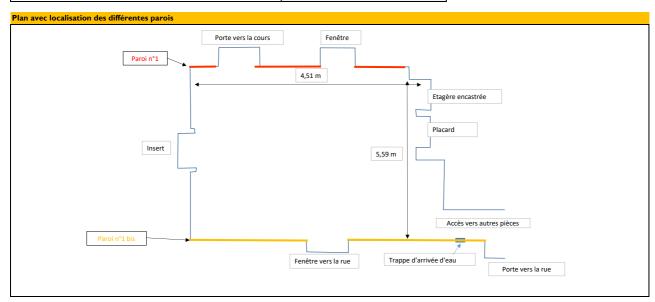
Bâtiment occupé les jours et semaines précédent le diagnostic :	Oui
Si non, état du bâtiment lors du disgnostic	

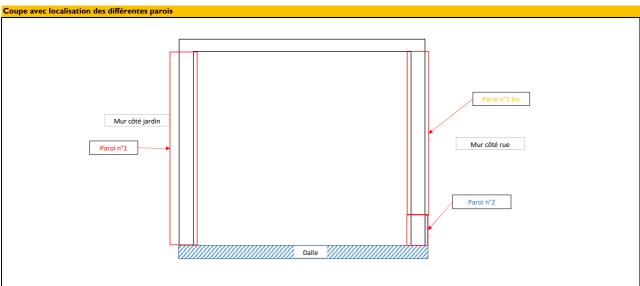
7one I

Zone I						
Evaluation de l'occupation :	40 < m²/pers.					
Zone intégrant espaces humides (Sdb, cuisine)	Non					
Eléments intérieurs apportant de l'humidité (hamam, piscine, etc.)	Non					
Zone chauffée	Oui					
Température lors du diagnostic (°C)	17,9°C	19°C				
Humidéité relative lors du diagnostic (%)	79%					
Ventilation mécanique	Non					
Type de ventilation						
Ventilation en fonctionnement						
Bouches d'extraction et entrée d'air présentes	non					
Bouches d'extraction et entrées d'air réglementaires	non					
Si pas de VMC, système de renouvellement d'air naturel	Oui					
Appréciation du niveau d'étanchéité à l'air	Moyen (bâtiment rénové, menuiseries changées et en bon état)					

PAROIS ETUDIEES

Nombre de parois étudiées 2





PAROI I

Dénomination paroi

INFOS GENERALES								
Type de paroi :	Mur							
Si toiture - Pente :								
Orientation(s):	Sud							
Conditions d'ensoleillement extérieur :	Sans masque solair	e						
Couleur du revêtement extérieur (avant rénovation)	Clair							
Climat extérieur :	Extérieur							
Climat intérieur avant rénovation :	Zone I							

Dessin		Zones de détection :			Type (en partie courante)	Ep. (mm)
	Partie courante Proti	meter Voltecraft MF 100	Int.	Matériau I	Plaque de plâtre	20
		Trotec T610	,	Matériau 2	Isolant laine de verre	120
re				Matériau 3	Maçonnerie en pierre	530
Point singulier : système de fixation de la plaque de plâtre			1	Matériau 4	Enduit extérieur	20
systèr que d		0.5 t 0.5 t 0.5 t 0.5 t 0.5 t 0.5 t		Matériau 5		
llier :: la pla				Matériau 6		
singu on de				Matériau 7		
Point fixati				Matériau 8		
				Matériau 9		
			Ext.	Total		690

DIAGNOSTIC PATHOLOGIE

Diagnostic visuel

	Туре	Localisation	Cliché
Constat I	Sans objet		1
Constat 2			2
Constat 3			
Constat 4			

CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Mesure d'humidité des matériaux (hygromètre résistif, bombe à carbure, etc.)

	Matériel utilisé	Valeurs																			
	riateriei utilise		2	3	4	5	6	7	8	9	10	-11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Trotec T610 (capacitif 300mm)	13,3	12,4	5,33	17,7	14,8	10,8	9,9	17,1	13,9											
	Voltcaft MF100 (capacitif 40 mm)	16,2	16,7	17,2	20,1	17,2	12	14,4	13,6	14,9											
Matériau I	Protimeter MMS2 (capacitif 19mm)	82	86	84	86	93	101	87	93	91											

CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Il est a noter que le diagnostic visuel ne révèle pas de désordre et de pathologie liée à l'humidité.

Les mesures réalisées avec l'appareil de mesure Trotec T610 ne sont pas exploitables du faite de la composition de la paroi (hétérogénéité sur les 300 mm nécessaire pour réaliser la mesure).

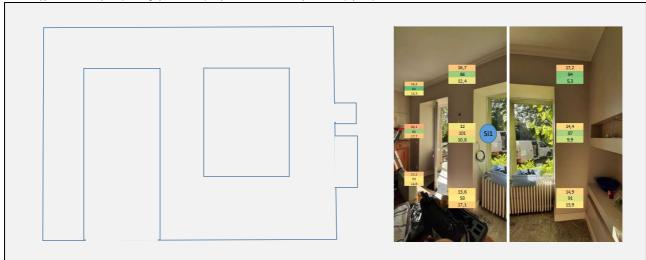
Les mesures réalisées avec l'appareil Volcraft sont également poluées par l'hétérogénéité de la paroi sur les 40 mm nécessaire pour effectuer la mesure et sur le mode constructif (système de fixation des rails)

Les mesures réalisée à l'aide de l'appareil protimeter révèle que la plaque de plâtre (matériaux n° I) est sèche sur l'ensemble de la paroi.

En conclusion : En l'absence de désordre immédiat et de projet de rénovation : il n'est pas nécessaire d'approfondir les investigations

Matrice relative de l'humidité dans la paroi (hygromètre capacitif, thermographie, ultrason, etc.)

Insérer nappe colorée de la paroi (thermographie, ultrason) ou photo avec les mesures ponctuelles (capacitif)



CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

CLICHES

Paroi (matériaux, ambiances int. et ext.)





Pathologies

Aucune pathologie majeure n'a été détectée

Observations divers:



Présence de condensation à l'extérieur en début de

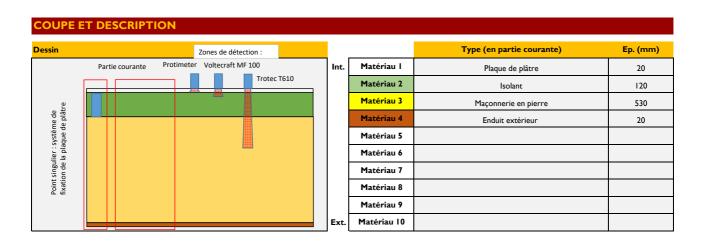


Présence de végétation sur la façade extérieur

PAROI I bis

Dénomination paroi

INFOS GENERALES								
Type de paroi :	Mur	1ur						
Si toiture - Pente :								
Orientation(s):	S							
Conditions d'ensoleillement extérieur :	Sans masque solair	Sans masque solaire						
Couleur du revêtement extérieur (avant rénovation)	Clair							
Climat extérieur :	Extérieur							
Climat intérieur avant rénovation :	Zone I	one I						



DIAGNOSTIC PATHOLOGIE

Diagnostic visuel

	Туре	Localisation	Cliché
Constat I	Sans objet		1
Constat 2			2
Constat 3			
Constat 4			

CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Mesure d'humidité des matériaux (hygromètre résistif, bombe à carbure, etc.)

	Matériel utilisé	Valeurs																			
	Materiei utilise	- 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	-11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Trotec T610 (capacitif 300mm)	13,7	13,3	13,9	8,8	7,9	- 11	19,3	29,3	14,3	2,33	8,93	10,5	11,2	18,3	17,7	24,7	14	20,6	6,83	
	Voltcaft MF100 (capacitif 40 mm)	12	14,1	10	17,5	12,8	8,8	Ш	11,8	6,1	7,8	28,4	9,5	7,9	10,2	14,9	10,5	12,3	23,8	16,2	
Matériau I	Protimeter MMS2 (capacitif 19mm)	114	99	93	110	101	86	101	101	91	93	101	86	86	110	124	101	86	138	93	

CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Il est a noter que le diagnostic visuel ne révèle pas de désordre et de pathologie liée à l'humidité.

Les mesures réalisées avec l'appareil de mesure Trotec T610 ne sont pas exploitables du faite de la composition de la paroi (hétérogénéité sur les 300 mm nécessaire pour réaliser la mesure).

Les mesures réalisées avec l'appareil Volcraft sont également poluées par l'hétérogénéité de la paroi sur les 40 mm nécessaire pour effectuer la mesure et sur le mode constructif (système de fixation des rails)

Les mesures réalisée à l'aide de l'appareil protimeter révèle que la plaque de plâtre (matériaux n°l) est sèche sur l'ensemble de la paroi.

Matrice relative de l'humidité dans la paroi (hygromètre capacitif, thermographie, ultrason, etc.)

Insérer nappe colorée de la paroi (thermographie, ultrason) ou photo avec les mesures ponctuelles (capacitif)



CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

La présence d'eau à l'état liquie ressentie au touché indique un désordre dans la paroi.

Les mesures réalisées à l'aide des humidimètres ne révèlent pas de désordre sur les plaques de plâtre. Les désordres sont donc limités et la venitaltion entre le mur en pierre et la plaque de plâtre est suffisante pour ne pas générer de pathologie visible.

Il est préconisé d'instrumenter afin de réaliser le suivi de cette paroi et comprendre son fonctionnement.

Dans le cadre de ce diagnostic et en l'absence de projet de rénovation à cour terme , il n'est pas nécessaire de faire des investigations complémentaires. ,

Il est toute fois à noter que si des désordres apparaissenr : une étude plus poussée (et donc plus destructive) de la paroi est à envisager.

Paroi (matériaux, ambiances int. et ext.)





Pathologies

1) Décollement de l'enduit à la chaux sur une bande de 40 cm au dessus de l'enduit décoratif à base de ciment.

2) Un éclat de l'enduit à la chaux.

3) Présence de quelques fissures sur le mur extérieur

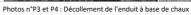


Photo n°P2 : Localisation des pathologies constatées



Photo n°P1 : installation des capteurs de suivi à proximité de la zone humide







Photos n°P5 et P6 : Arrivée d'eau

ENVIRONNEMENT

Nom opération

DONNEES DIAGNOSTIC

Référence du diagnostic :	Saint Mars Du Désert
Date:	05/10/2021

DONNEES OPERATION

Typologie de bâtiment :	Maison individuelle
Adresse:	17 rue du 3 aout 1944
Date de construction :	1895
Surface du bâtiment :	90,4
Hauteur du bâtiment :	10,8

Bâtiment ayant déjà subi une rénovation thermique :	Oui
Situation lors du diagnostic :	Pas de rénovation prévue à court termes
Bâtiment occupé lors du diagnostic :	Oui
Type de diagnostic possible :	Non destructif avec possibilité de réaliser des percements localisés et discrets

Vue aérienne avec orientation



Photo globale du bâtiment





CLIMAT INTERIEUR ET EXTERIEUR

Climat extérieur :

Station météo à proximité :	Nantes				
Conditions climatiques :	Ensoleillé				

	T°C	Н%
Extérieur		70,8

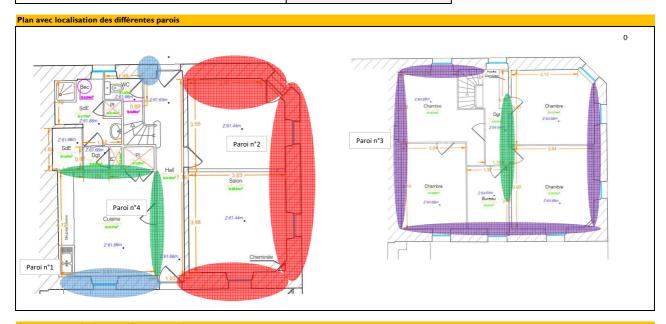
Climat intérieur :

Situation lors du diagnostic (avant rénovation)

Bâtiment occupé les jours et semaines précé	édent le diagnostic :	Oui
Si non, état du bâtiment lors du disgnostic		

PAROIS ETUDIEES

Nombre de parois étudiées

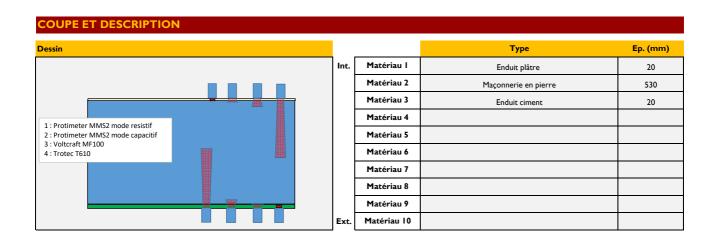


Coupe avec localisation des différentes parois		

PAROII

Dénomination paroi

INFOS GENERALES							
Type de paroi :	Mur	ur					
Orientation(s):	S	N					
Conditions d'ensoleillement extérieur (N):	Sans masque solaire	Sans masque solaire					
Conditions d'ensoleillement extérieur (S):	Partiellement ombr	ragé					
Couleur du revêtement extérieur (avant rénovation)	Clair						
Climat extérieur :	Extérieur						
Climat intérieur avant rénovation :							



DIAGNOSTIC PATHOLOGIE

Diagnostic visuel

	Туре	Localisation	Cliché
Constat I	Revêtement int. abîmé : effritement	Pied de paroi (jusqu'à 1m environ)	
Constat 2	Revêtement int. abîmé : effritement	Pied de paroi (jusqu'à 1m environ)	
Constat 3	Sans objet		
Constat 4	Développement de moisissures	Dans les angles concaves uniquement	

CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Le diagnostic visuel laisse présager des remontées capilaire au point de mesure n°3 Il est également à noter des traces de moisissure au plafon de la cuisine

Mesure d'humidité des matériaux (hygromètre résistif, bombe à carbure, etc.)

	Matériel utilisé	Valeurs																			
	riateriei utilise	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ш	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Matériau I	Protimeter MMS2 (capacitif 19mm)	207	567	845	110	217															
	Voltcaft MF100 (capacitif 40 mm)	43,6	63,6	93	10,7	63,4															
	Trotec T610 (capacitif 300mm)	30,4	30,4	35	35,3	54,2															

CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Les mesures réalisées à l'aide de humidimètre protimeter MMS2 donne des valeurs supérieures à 200 sur tous les points de mesure réalisés au RDC selon les données constructeur, le plâtre est conséidéré comme humide pour une valeur supérieure à 200. Il y a donc présence d'humidité à une profondeur de 19 mm sur les murs de ce type au RDC.
Les mesures réalisées à l'aide de humidimètre Voltcraft MF100 donne des valeurs supérieures à 44 sur tous les points de mesure réalisés au RDC selon les données constructeur, le plâtre est conséidéré comme humide pour une valeur supérieure à 60 et avec un risque d'humidité pour une valeur comprise entre 30 et 60. Il y a donc présence d'humidité à une profondeur de 40 mm sur les murs de ce type au RDC.

Les mesures réalisées à l'aide de l'appareil Trotec T610donnent des résultats similaires au RDC et au R+1 du côté intérieur mais différents sur la façade coté extérieur. Les mesures étant trop insuffisantes, ces résulats ne permettent pas de conclure sur le niveau d'humidité à l'intérieur de la paroi.

Matrice relative de l'humidité dans la paroi (hygromètre capacitif, thermographie, ultrason, etc.)

Insérer nappe colorée de la paroi (thermographie, ultrason) ou photo avec les mesures ponctuelles (capacitif)



CLICHES

Paroi (matériaux, ambiances int. et ext.)







Pathologies









PAROI 2

Dénomination paroi

INFOS GENERALES													
Type de paroi :	Mur												
Orientation(s):	N	E	S										
Conditions d'ensoleillement extérieur (N):	Intégralement ombragé												
Conditions d'ensoleillement extérieur (E):	Partiellement ombragé												
Conditions d'ensoleillement extérieur (S):	Partiellement ombragé												
Couleur du revêtement extérieur (avant rénovation)	Clair												
Climat extérieur :	Extérieur												
Climat intérieur avant rénovation :													



DIAGNOSTIC PATHOLOGIE

Diagnostic visuel

	Туре	Localisation	Cliché
Constat I		Pied de paroi (jusqu'à 1m environ)	revêtement extérie
Constat 2			
Constat 3			
Constat 4			

CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Le diagnostic visuel rével des craquelure sur l'enduit extérieur. Il y a des traces d'humidité à certains point (notament à proximité de la porte) . La présence de trappes de ventillation laisse présager qu'une rénovation a été réalisée en prenant en compte le problème des remontées capilaires.

Mesure d'humidité des matériaux (hygromètre résistif, bombe à carbure, etc.)

	Matériel utilisé	Valeurs																			
	Plateriei utilise	T	2	3	4	5	6	7	8	9	10	-11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Matériau I	Protimeter MMS2 (capacitif 19mm)	140	131	136	78	202	136														
	Voltcaft MF100 (capacitif 40 mm)	20,5	19,8	21,4	20,3	38	26,4														
	Trotec T610 (capacitif 300mm)	53,2	75,3	67	68,9	60	32														

CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Les mesures réalisées à l'aide de humidimètre protimeter MMS2 donne des valeurs inférieures à 170 exepté pour un point de mesure, le plâtre présente un risque d'humidité pour une valeur supérieur à 170, exepté pour une valeur le revêtement intérieur en plâtre peut etre considéré comme sec. Il est donc a noter également qu'un point d'humidité (visible par une pathologie extérieur à proximité) a été constaté.

Les mesures réalisées à l'aide de humidimètre Voltcraft MF100 donne des valeurs inférieur à 30 exepté pour un point de mesure, le plâtre présente un risque d'humidité pour une valeur supérieur à 30, exepté pour une valeur le revêtement intérieur en plâtre peut etre considéré comme sec. Il est donc a noter également qu'un point d'humidité (visible par une pathologie extérieur à proximité) a été constaté comme à l'aide de l'appareil Protimeter MMS2.

Matrice relative de l'humidité dans la paroi (hygromètre capacitif, thermographie, ultrason, etc.)

Insérer nappe colorée de la paroi (thermographie, ultrason) ou photo avec les mesures ponctuelles (capacitif)



CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

CLICHES

Paroi (matériaux, ambiances int. et ext.)



















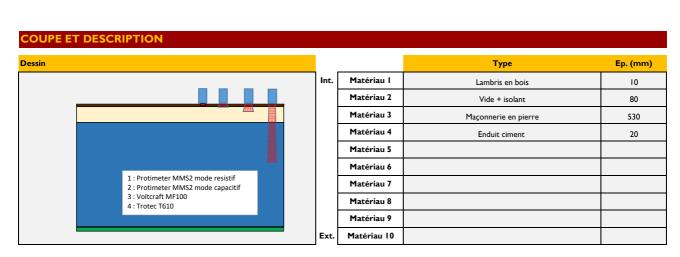
Pathologies



PAROI 3

Dénomination paroi

INFOS GENERALES							
Type de paroi :	Mur	ır					
Orientation(s):	S						
Conditions d'ensoleillement extérieur :	Sans masque solair	e					
Couleur du revêtement extérieur (avant rénovation)	Clair						
Climat extérieur :	Extérieur						
Climat intérieur avant rénovation :							



DIAGNOSTIC PATHOLOGIE

Diagnostic visuel

	Туре	Localisation	Cliché
Constat I	Sans objet		1
Constat 2			2
Constat 3			
Constat 4			

CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Mesure d'humidité des matériaux (hygromètre résistif, bombe à carbure, etc.)

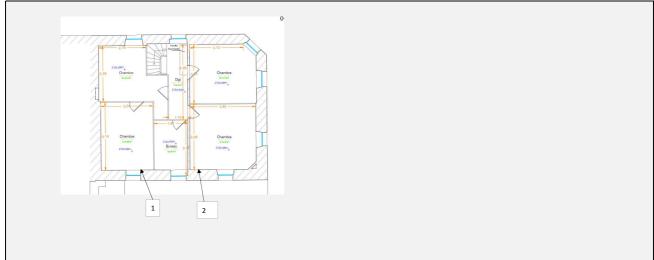
	Matériel utilisé Valeurs						eurs	urs													
	Materiel utilise	- 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	-11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Matériau I	Protimeter MMS2 (capacitif 19mm)	130	129																		
	Voltcaft MF100 (capacitif 40 mm)	30,5	23,8																		
	Trotec T610 (capacitif 300mm)	41,6	6,3																		

CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Les deux mesures réalisées à l'aide des différents humidimètres montrent que les parois sont sêches.

Matrice relative de l'humidité dans la paroi (hygromètre capacitif, thermographie, ultrason, etc.)

Insérer nappe colorée de la paroi (thermographie, ultrason) ou photo avec les mesures ponctuelles (capacitif)



CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Mesure continue de l'ambiance interne à la paroi

CLICHES

Paroi (matériaux, ambiances int. et ext.)



Pathologies

ENVIRONNEMENT

Nom opération

DONNEES DIAGNOSTIC

Référence du diagnostic :	25 route du Lac Savenay
Date:	12/10/2021

DONNEES OPERATION

Typologie de bâtiment :	Maison individuelle
Adresse:	25 route du Lac; SAVENAY (44)
Date de construction :	1956
Surface du bâtiment :	140 m ²
Hauteur du bâtiment :	6,5 m entre le sol et la faitière, combles non isolés

Bâtiment ayant déjà subi une rénovation thermique :	Non
Situation lors du diagnostic :	Pas de rénovation prévue à court termes
Bâtiment occupé lors du diagnostic :	Oui
Type de diagnostic possible :	Non destructif avec possibilité de réaliser des percements localisés et discrets

Vue aérienne avec orientation

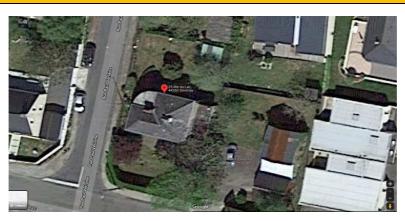


Photo globale du bâtiment









Façade côté Sud

Façade côté Ouest

Façade côté Nord

Façade côté Est

CLIMAT INTERIEUR ET EXTERIEUR

Climat extérieur :

Station météo à proximité :	Nantes / Saint nazaire
Conditions climatiques:	Ensoleillé

	T°C	Н%
Extérieur	8,2	68,6

Climat intérieur :

Situation lors du diagnostic (avant rénovation)

Bâtiment occupé les jours et semaines précédent le diagnostic :	Oui
Si non, état du bâtiment lors du disgnostic	

Maison entière

maison entiere				
Evaluation de l'occupation :	40 < m ² /pers.			
Zone intégrant espaces humides (Sdb, cuisine)	Oui			
Eléments intérieurs apportant de l'humidité (hamam, piscine, etc.)	Non			
Zone chauffée	Oui			
Température lors du diagnostic (°C)	18,5			
Humidéité relative lors du diagnostic (%)	50			
Ventilation mécanique	Non			
Type de ventilation	Sans objet			
Ventilation en fonctionnement	non			
Bouches d'extraction et entrée d'air présentes	non			
Bouches d'extraction et entrées d'air réglementaires	non			
Si pas de VMC, système de renouvellement d'air naturel	Oui			
Appréciation du niveau d'étanchéité à l'air	Mauvais (bâtiment ancien sans rénovation)			

PAROIS ETUDIEES

Nombre de parois étudiées

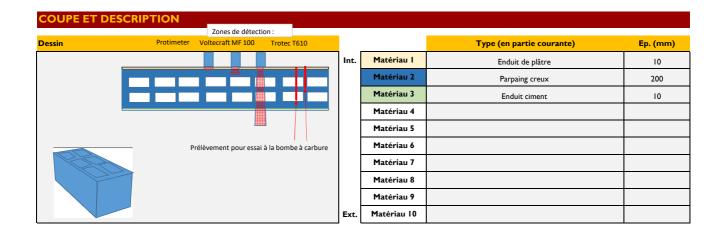
REZ - DE - CHAUSSEE



PAROII

Dénomination paroi

INFOS GENERALES							
Type de paroi :	Mur	ur					
Si toiture - Pente :							
Orientation(s):	Ν	N 0					
Conditions d'ensoleillement extérieur :	Sans masque solaire						
Couleur du revêtement extérieur (avant rénovation) :	Très clair						
Climat extérieur :	Extérieur abrité						
Climat intérieur avant rénovation :							



DIAGNOSTIC PATHOLOGIE

Diagnostic visuel

	Туре	Localisation	Cliché
Constat I	Sans objet		1
Constat 2			
Constat 3			
Constat 4			

CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Aucune mathologie n'est constaté avant rénovation, ce qui est synonyme d'absence de problème d'humidité surfacique préjudiciable à l'enveloppe.

Mesure d'humidité des matériaux (hygromètre résistif, bombe à carbure, etc.)

							Vale	urs								Exploita	tion									
	Matériel utilisé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	П	12	Moy	ene	Ecart type	Ecart typ moyenne (e									
Matériau I	Trotec T610 (capacitif 300mm)	56,4	38,3	32,3	68,2	66,3	22,2	68,7	51,7	33				48,6		15,2	31,3	ı								
Matériau I	Voltcaft MF100 (capacitif 40 mm)	29,2	31,9	33,6	28,1	30,5	32,6	30,9	30,2	29,2				30,7		30,7		30,7		30,7		30,7		1,4	4,5	
Matériau I	Protimeter MMS2 (capacitif 19mm)	159	158	162	159	150	155	156	164	151				157,1		3,7	2,3									
Matériau I	Protimeter MMS2 (resisitf 10 mm)	1																								
Matériau I	Bombe à carbure	0,90%																								
Matériau 2	Trotec T610 (capacitif 300mm)	33	37,I	37,3	35,2	35	39,1	37	40,4	30,4	51	60	45	40,	,0	6,0	15,1									
Matériau 2	Voltcaft MF100 (capacitif 40 mm)	26,8	37	36,1	34	38,8	37,8	34	36, I	39,1				35,5		2,6	7,4									
Matériau 2	Protimeter MMS2 (capacitif 19mm)	159	166	166	164	167	164	168	167	166				165	5,2	1,9	1,2									

CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Les 9 mesures d'humidité ont été réalisées sur chaqu'un des deux emplacements de la paroi type sélectionné à l'exeption du sondage destructif pour l'essai à la bombe à carbure.

Les conclusions sont les suivantes:

-Mesure à l'aide de la bombe à carbure: La mesure à la bombe à carbure sur une échantillon de poudre de ciment (prélevé par percement non chauffant) donne une mesure de 0,90%. Ce qui peut être considéré comme une paroi sèche selon les données constructeur et les normes de pose de revêtement.

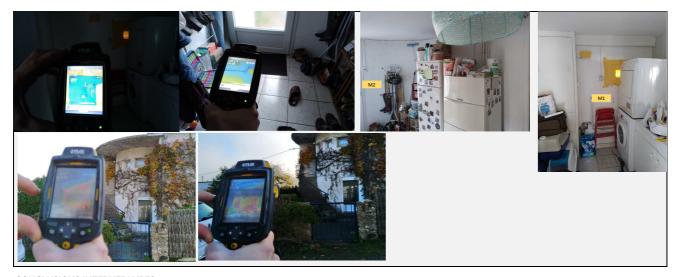
-Mesures à l'aide de l'appareil Trotec T610 : l'incertitude de mesure (non élargie) étant supérieur à 31% dans le premier cas et à 15 % dans le second cas, nous pouvons en déduire une forte hétérogénéité dans la mesure (ou dans la paroi). Le mode constructif constitué de parpaings creux qui créent des cavités peut expliquer cette incertitude. En l'absence de donnée fiable pour réaliser le point à l'état sec avec un incertitude < 10%, il n'est pas possible d'exploiter ces mesures pour déterminer la teneur en eau précise de la paroi.

-Mesures à l'aide du Voltcraft MF100 : Les mesures réalisées à l'aide de l'humidimètre Voltcraft MF100 donnent une moyenne de 30,7 et 35,5 (Unité spécifique). Selon les données constructeur, pour du ciment, une valeur entre 25 et 50 présente un risque d'humidité. Pour le plâtre, le risque se situe entre 30 et 60 , dans le cadre d'un mix de ciment et de plâtre sur une profondeur de 40 mm: il existe donc un risque d'humidité.

-Mesures à l'aide du protimeter MMS2 en mode capacitif: Les moyennes des mesures réalisées sont de 157,1 et 165,2 (Unité spécifique). Selon les données du constructeur, il existe un risque entre 170 et 200 (Unité spécifique). Dans le cas présent, les valeurs sont proches du risque mais restent dans la tolérance il n'y a donc pas de risque sur l'ensemble de la paroi et sur une profondeur de 19 mm.

Matrice relative de l'humidité dans la paroi (hygromètre capacitif, thermographie, ultrason, etc.)

Insérer nappe colorée de la paroi (thermographie, ultrason) ou photo avec les mesures ponctuelles (capacitif)



CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Mesure continue de l'ambiance interne à la paroi

CLICHES

Paroi (matériaux, ambiances int. et ext.)

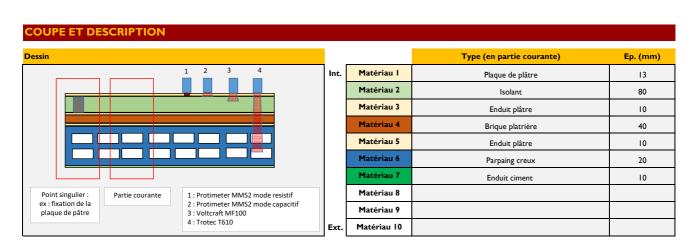


Pathologies

PAROI 2

Dénomination paroi

INFOS GENERALES	INFOS GENERALES												
Type de paroi :	Mur												
Si toiture - Pente :													
Orientation(s):	Z	E											
Conditions d'ensoleillement extérieur :	Sans masque solaire												
Couleur du revêtement extérieur (avant rénovation) :	Clair												
Climat extérieur :	Extérieur												
Climat intérieur avant rénovation :													



DIAGNOSTIC PATHOLOGIE

Diagnostic visuel

	Туре	Localisation	Cliché
Constat I	Sans objet		1
Constat 2			2
Constat 3			
Constat 4			

CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Aucune pathologie apparente n'est détectée

Mesure d'humidité des matériaux (hygromètre résistif, bombe à carbure, etc.)

Valeurs Exploitation													
					Vale	urs						Exploitat	ion
Matériel utilisé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Moyene	Ecart type	Ecart type / moyenne (en %)
Frotec T610 (capacitif 300mm)	7,8	9,8	10,1	18,2	16,6	10,8	16,9	8,8	12,4		12,4	3,2	26,2
/oltcaft MF100 (capacitif 40 mm)	11,8	9,5	9,2	10,2	10	9,7	11,5	11,3	10,8		10,4	0,8	7,7
Protimeter MMS2 (capacitif 19mm)	88	94	88	101	101	101	101	101	101		97,3	4,9	5,0
Protimeter MMS2 (resisitf 10 mm)	13,4	10,8	12,1								12,1	0,9	7,2
Frotec T610 (capacitif 300mm)	22,7	2,5	11,6	28	21,2	7,3	29	17,4	18,7		17,6	7,0	39,9
/oltcaft MF100 (capacitif 40 mm)	19	19	19	19	17,7	17,5	20,1	20,1	17,5		18,8	0,8	4,3
Protimeter MMS2 (capacitif 19mm)	136	136	138	143	134	142	149	145	145		140,9	4,3	3,1
Protimeter MMS2 (resisitf 10 mm)													
Frotec T610 (capacitif 300mm)	3,3	10,1	10,1	6,3	12,1	9,3					8,5	2,5	29,2
/oltcaft MF100 (capacitif 40 mm)	19,2	19,5	20,3	20,1	21,1	21,7	20,5	19,8	17,7		20,0	0,8	4,2
Protimeter MMS2 (capacitif 19mm)	143	148	152	147	146	156	145	149	147		148,1	2,8	1,9
Protimeter MMS2 (resisitf 10 mm)	10,2	10,2	10,3								10,2	0,0	0,4
	irotec T610 (capacitif 300mm) loltcaft MF100 (capacitif 40 mm) rotimeter MMS2 (capacitif 19mm) rotimeter MMS2 (resisitf 10 mm) rotec T610 (capacitif 300mm) loltcaft MF100 (capacitif 40 mm) rotimeter MMS2 (capacitif 19mm) rotimeter MMS2 (resisitf 10 mm) rotec T610 (capacitif 300mm) loltcaft MF100 (capacitif 40 mm) rotect T610 (capacitif 40 mm) rotimeter MMS2 (capacitif 19mm)	1	1 2	1 2 3	1 2 3 4	1	1	1	1	1	1	1	1

CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Les 9 mesures d'humidité ont été réalisées sur chaqu'un des 3 emplacements de la paroi type sélectionné.

Les conclusions sont les suivantes:

-Mesures à l'aide de l'appareil Trotec T610 : l'incertitude de mesure (non élargie) étant supérieur à 10%, nous pouvons en déduire une forte hétérogénéité dans la mesure (ou dans la paroi). Le mode constructif constitué de parpaings creux qui créent des cavités et d'une multitude de couche sur toute l'épaisseur de la mesure peut expliquer cette incertitude. En l'absence de donnée fiable pour réaliser le point à l'état sec avec un incertitude < 10%, il n'est pas possible d'exploiter ces mesures pour déterminer la teneur en eau précise de la paroi. -Mesures à l'aide du Voltcraft MF100 : Les mesures réalisées à l'aide de l'humidimètre Voltcraft MF100 donnent une moyenne de 10,4, 18,8 et 20 (Unité spécifique). La mesure est réalisée sur la plaque de plâtre et l'isolant. Selon les données constructeur il existe une rique d'humidité pour le plâtre quand la valeur est supérieur à 30%. La surface de la paroi en plâtre peut donc être considérée comme sèche.

-Mesures à l'aide du protimeter MMS2 en mode capacitif: Les moyennes des mesures réalisées sont de 97,3, 140,9 et 148,1 (Unité spécifique). Selon les données du constructeur, il existe un risque au dela de 170 (Unité spécifique). la paroi peut donc être considérée comme sèche sur une profondeur de 19 mm.

-Mesure à l'aide du protimeter MMS2 en mode résistif. Les moyennes des mesures sont de 12,1 et 10,2 MC%WME. selon les donnnées constructeur et les recherches effectuées, le matériau présente un risque d'humidité pour une valeur supérieur à 17 MC%WME. Le paroi peut donc être considérée comme sèche sur une profondeur d'environ 10 mm.

Matrice relative de l'humidité dans la paroi (hygromètre capacitif, thermographie, ultrason, etc.)

Insérer nappe colorée de la paroi (thermographie, ultrason) ou photo avec les mesures ponctuelles (capacitif)









CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Mesure continue de l'ambiance interne à la paroi

CLICHES

Paroi (matériaux, ambiances int. et ext.)



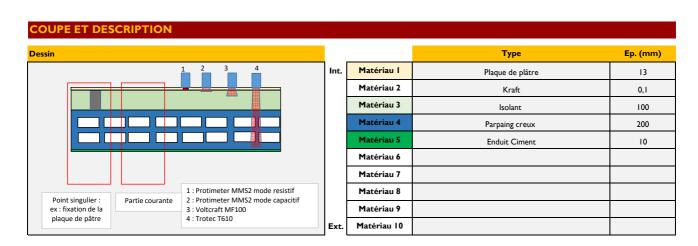


Pathologies

PAROI 3

Dénomination paroi

INFOS GENERALES												
Type de paroi :	Mur											
Si toiture - Pente :												
Orientation(s):	S											
Conditions d'ensoleillement extérieur :	Sans masque solaire	e										
Couleur du revêtement extérieur (avant rénovation)	Clair											
Climat extérieur :	Extérieur											
Climat intérieur avant rénovation :												



DIAGNOSTIC PATHOLOGIE

Diagnostic visuel

	Туре	Localisation	Cliché
Constat I	Sans objet		
Constat 2			
Constat 3			
Constat 4			

CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Mesure d'humidité des matériaux (hygromètre résistif, bombe à carbure, etc.)

						Vale	urs						Exploita	ion
	Matériel utilisé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Moyene	Ecart type	Ecart type / moyenne (en %)
Matériau I	Trotec T610 (capacitif 300mm)	8,1	7,1	14,1	11,0	13,4	9,1	12,4	13,6	9,8		11,0	2,2	19,7
Matériau I	Voltcaft MF100 (capacitif 40 mm)	11,3	11,3	11,5	12,8	12,8	12,8	13,9	13,3	13		12,5	0,8	6,2
Matériau I	Protimeter MMS2 (capacitif 19mm)	78	78	86	86	86	86	93	93	110		88,4	6,8	7,7
Matériau I	Protimeter MMS2 (resisitf 10 mm)	10,8	12,5	9,7								11,0	1,0	9,1
Matériau 2	Trotec T610 (capacitif 300mm)	18,2	17,9	12,1	33,5	35,3	36,1	27,7	16,1	8,1		22,8	9,2	40,5
Matériau 2	Voltcaft MF100 (capacitif 40 mm)	29,2	16,2	14,1	28,5	12,8	12,8	26,4	22,7	13,2		19,5	6,4	32,5
Matériau 2	Protimeter MMS2 (capacitif 19mm)	101	101	86	107	113	115	110	117	110		106,7	7,1	6,7

CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Les 9 mesures d'humidité ont été réalisées sur chaqu'un des 2 emplacements de la paroi type sélectionné.

Les conclusions sont les suivantes:

-Mesures à l'aide de l'appareil Trotec T610 : l'incertitude de mesure (non élargie) étant supérieur à 10%, nous pouvons en déduire une forte hétérogénéité dans la mesure (ou dans la paroi). Le mode constructif constitué de parpaings creux qui créent des cavités et d'une multitude de couche sur toute l'épaisseur de la mesure peut expliquer cette incertitude. En l'absence de donnée fiable pour réaliser le point à l'état sec avec un incertitude < 10%, il n'est pas possible d'exploiter ces mesures pour déterminer la teneur en eau précise de la paroi.

-Mesures à l'aide du Voltcraft MF100 : Les mesures réalisées à l'aide de l'humidimètre Voltcraft MF100 donnent une moyenne de 12,5 et 19,5 (Unité spécifique). La mesure est réalisée sur la plaque de plâtre et l'isolant. Selon les données constructeur il existe une rique d'humidité pour le plâtre quand la valeur est supérieur à 30. Il est à noter un ecart type important en % par rapport à la moyenne mais si l'on considère que l'incertitude de mesure élargie est de 2 fois l'écart type , les résultats sont compris entre 29 et 13 unité spécifique, ce la reste inférieur à 30 La surface de la paroi en plâtre peut donc être considérée comme sèche.

-Mesures à l'aide du protimeter MMS2 en mode capacitif: Les moyennes des mesures réalisées sont de 88,4et 106,7 (Unité spécifique). Selon les données du constructeur, il existe ur risque au dela de 170 (Unité spécifique). la paroi peut donc être considérée comme sèche sur une profondeur de 19 mm.

-Mesure à l'aide du protimeter MMS2 en mode résistif: La moyennes des mesures est de 11 MC%WME. selon les donnnées constructeur et les recherches effectuées, le matériau présente un risque d'humidité pour une valeur supérieur à 17 MC%WME. Le paroi peut donc être considérée comme sèche sur une profondeur d'environ 10 mm.

Matrice relative de l'humidité dans la paroi (hygromètre capacitif, thermographie, ultrason, etc.)

Insérer nappe colorée de la paroi (thermographie, ultrason) ou photo avec les mesures ponctuelles (capacitif)



CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Mesure continue de l'ambiance interne à la paroi

CLICHES

Paroi (matériaux, ambiances int. et ext.)



Pathologies

PAROI 4

Dénomination paroi

INFOS GENERALES													
Type de paroi :	Mur												
Si toiture - Pente :													
Orientation(s):	N	S	E	0									
Conditions d'ensoleillement extérieur :	Sans masque solaire	e											
Couleur du revêtement extérieur (avant rénovation)	Clair												
Climat extérieur :	Extérieur												
Climat intérieur avant rénovation :													

COUPE ET DESCRIPTION				
Dessin			Туре	Ep. (mm)
	Int.	Matériau I	Enduit plâtre	10
		Matériau 2	Brique plâtrière	40
		Matériau 3	Isolant	40
		Matériau 4	Parpaing creux	200
		Matériau 5	Enduit ciment	10
		Matériau 6		
		Matériau 7		
		Matériau 8		
		Matériau 9		
	Ext.	Matériau 10		

DIAGNOSTIC PATHOLOGIE

Diagnostic visuel

	Туре	Localisation	Cliché
Constat I			
Constat 2			
Constat 3			
Constat 4			

CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Mesure d'humidité des matériaux (hygromètre résistif, bombe à carbure, etc.)

Matériel utilisé										Vale	eurs									
 Materiel utilise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	-11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Matrice relative de l'humidité dans la paroi (hygromètre capacitif, thermographie, ultrason, etc.)

Insérer nappe colorée de la paroi (thermographie, ultrason) ou photo avec les mesures ponctuelles (capacitif)



CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Mesure continue de l'ambiance interne à la paroi

CLICHES

Paroi (matériaux, ambiances int. et ext.)









Pathologies

















PAROI 4 bis

Dénomination paroi

INFOS GENERALES											
Type de paroi :	Mur	ur									
Si toiture - Pente :											
Orientation(s):	S	0									
Conditions d'ensoleillement extérieur :	Sans masque solaire	e									
Couleur du revêtement extérieur (avant rénovation)	Clair										
Climat extérieur :	Extérieur										
Climat intérieur avant rénovation :											

COUPE ET DESCRIPTION				
Dessin			Туре	Ep. (mm)
	Int.	Matériau I	Lambris bois	10
		Matériau 2	Vide	40
		Matériau 3	Enduit plâtre	10
		Matériau 4	Brique plâtrière	40
		Matériau 5	Isolant	40
		Matériau 6	Parpaing creux	200
		Matériau 7	Enduit ciment	10
		Matériau 8		
Point singulier : ex : fixation de la		Matériau 9		
plaque de pâtre	Ext.	Matériau 10		

DIAGNOSTIC PATHOLOGIE

Diagnostic visuel

	Туре	Localisation	Cliché
Constat I			1
Constat 2			2
Constat 3			
Constat 4			

CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Mesure d'humidité des matériaux (hygromètre résistif, bombe à carbure, etc.)

Matériel utilisé	Valeurs Valeurs																			
 Materiel utilise		2	3	4	5	6	7	8	9	10	-11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Matrice relative de l'humidité dans la paroi (hygromètre capacitif, thermographie, ultrason, etc.)

Insérer nappe colorée de la paroi (thermographie, ultrason) ou photo avec les mesures ponctuelles (capacitif)







CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Mesure continue de l'ambiance interne à la paroi

CLICHES

Paroi (matériaux, ambiances int. et ext.)

Pathologies

PAROI 5

Dénomination paroi

INFOS GENERALES											
Type de paroi :	Mur	ur									
Si toiture - Pente :											
Orientation(s):	Ν	0									
Conditions d'ensoleillement extérieur :	Sans masque solaire	e									
Couleur du revêtement extérieur (avant rénovation)	Clair										
Climat extérieur :	Extérieur abrité										
Climat intérieur avant rénovation :											

COUPE ET DESCRIPTION				
Dessin			Туре	Ep. (mm)
	Int.	Matériau I	Plaque de plâtre	13
		Matériau 2	Brique plâtrière	40
		Matériau 3	Vide	10
		Matériau 4	Parpaing creux	200
		Matériau 5	Enduit ciment	10
		Matériau 6		
		Matériau 7		
		Matériau 8		
		Matériau 9		
	Ext.	Matériau 10		

DIAGNOSTIC PATHOLOGIE

Diagnostic visuel

	Туре	Localisation	Cliché
Constat I	Sans objet		1
Constat 2			
Constat 3			
Constat 4			

CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Mesure d'humidité des matériaux (hygromètre résistif, bombe à carbure, etc.)

Matériel utilisé	Valeurs																			
materiel utilise	T	2	3	4	5	6	7	8	9	10	-11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Aucune mesure n'a été réalisé sur cette paroi

Matrice relative de l'humidité dans la paroi (hygromètre capacitif, thermographie, ultrason, etc.)

Insérer nappe colorée de la paroi (thermographie, ultrason) ou photo avec les mesures ponctuelles (capacitif)



CONCLUSIONS INTERMEDIAIRES

Mesure continue de l'ambiance interne à la paroi

CLICHES

Paroi (matériaux, ambiances int. et ext.)

Pathologies

3. Conclusions et perspectives

Des outils d'aide au diagnostic humidité ont été développé dans cette tâche du projet. Un tableur Excel complet dans lequel est inscrit l'ensemble des données à récolter, et pour lesquelles des menus déroulants sont créés pour faciliter l'ajout des données. Des fiches d'identification des matériaux à utiliser lors du diagnostic, dans lesquelles sont inscrites les éléments d'identification mais également le comportement hygrothermique des matériaux. Cet ensemble de fiche peut toujours être alimenté par la suite avec d'autres matériaux en suivant la même trame.

L'ensemble des données récoltées lors du diagnostic vont pouvoir alimenter l'outil simplifié de simulation Syrthes. Dans le REX de cet outil présenté dans le livrable de la tâche 1.6, plusieurs perspectives ont été évoquées pour faciliter encore plus son usage et pour pouvoir le disséminer. Nous avons pensé à différentes stratégies de dissémination de cet outil simplifié de simulation.

Tout d'abord des formations sur le comportement hygrothermique du bâtiment à rénover sont à prévoir pour pouvoir réaliser le diagnostic humidité et la simulation des transferts hygrothermiques. Une fois ces notions mieux comprises, des formations sur le diagnostic humidité pourront avoir lieu. Ces formations comprendront une présentation de l'ensemble des données à récolter et également des moyens de récolte. Nous pensons notamment aux méthodes d'utilisation des outils pour mesurer la teneur en eau d'un matériau. Des rencontres sur chantier pourront être prévues. Pour finir, des formations d'utilisation du logiciel simplifié Syrthes et d'analyse des résultats pourront être réalisées. L'ensemble de ces formations pourront être données via des MOOC, des tutos vidéo, et pourront également être données directement.

4. ANNEXE 1

Fiches matériaux classées de la manière suivante :

Matériaux naturels primaires

- <u>Pi</u>	<u>erre</u>		
	0	Roches métamorphiquesNP_Pie	erre – N°1
	0	Roches magmatiquesNP_Pie	erre – N°2
	0	Roches sédimentairesNP_Pie	erre – N°3
- <u>Te</u>	rre		
	0	Terre crue – TorchisNP_Te	rre – N°1
	0	Terre crue – BaugeNP_Te	rre – N°2
	0	Terre crue – PiséNP_Te	rre – N°3
	0	Terre crue – Brique de terre crueNP_Te	rre – N°4
	0	Enduit terreNP_Te	rre – N°5
- <u>Bo</u>	<u>is</u>		
	0	Bois feuillu – denseNP_Bo	is – N°1
	0	Bois résineux – tendreNP_Bo	is – N°2
Matériaux	tran	nsformés	
- <u>En</u>	duits	s et mortiers	
	0	Enduit - Mortier de chauxT_Endu	uit – N°1
	0	Enduit - Mortier cimentT_Endu	uit – N°2
	0	Enduit plâtreT_Endu	uit – N°3
- <u>Blo</u>	ocs d	de maçonnerie	
	0	Brique de terre cuite pleineT_Brique	ue – N°1
	0	Brique de terre cuite creuseT_Brique	ue – N°2
	0	Parpaing pleinT_Béto	n – N°1
	0	Parpaing creuxT_Béto	n – N°2
	0	Béton cellulaireT_Béto	n – N°3
- <u>Bé</u>	ton		
	0	Béton arméT_Béto	n – N°4
	0	Béton de mâcheferT_Béto	n – N°5
- Iso	olants		
	0	Isolants synthétiquesT_Isola	
	0	Isolants minérauxT_Isola	nt – N°2









TYPE D'EMPLOI / DESCRIPTION

Les roches métamorphiques les plus connues sont le gneiss, le schiste (l'ardoise notamment) et le marbre. Elles sont utilisées de nos jours essentiellement en couverture et en revêtement de sol, parfois en maçonnerie.





PÉRIODE D'EMPLOI

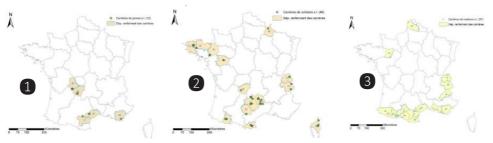
Le marbre est un matériau de construction de longue date. Il a été utilisé pour construire des édifices royaux (le Panthéon au I siècle avant J.C est fait de marbre) et des sculptures.

Globalement, les roches métamorphiques sont régulièrement utilisées depuis des siècles.



LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE

Voici trois cartes (données 2014) représentants respectivement : 1 Les carrières de gneiss en France / 2 Les carrières de schiste en France / 3 Les carrières de marbre en France. La catégorie «marbre» de cette carte peut désigner n'importe quelle pierre difficile à tailler et capable de prendre un beau poli (majoritairement du vrai marbre)





ELÉMENTS DE RECONNAISSANCE ET D'IDENTIFICATION

Les roches à l'apparence métallique avec une texture en écaille ou lisse sont métamorphiques (Image 1 : marbre). Vous pouvez les différencier des roches magmatiques, car elles ont tendance à être plus cassantes, plus légères et d'un noir plus opaque (Image 2 : ardoise). Les murs en gneiss peuvent avoir des tons sombres (gris ou marron) alternant avec des tons clairs (beige ou orange) (Image 3 : mur de façade en gneiss). Les murs en schiste ont des tons plus clairs (gris, blanc, orange) (Image 4 : mur de façade en schiste).

En découpant une roche en deux, des bandes de couleurs différentes apparaissent. Les roches métamorphiques ont des couches de cristaux qui sont tous de la même taille, de motifs et de couleurs variés mais le blanc est plus fréquent. Si les grains contiennent des cristaux, vous pouvez vous servir de l'orientation et de la taille de ces cristaux pour identifier la roche. Elles contiennent des cristaux dont l'apparence ressemble à des feuilles ou des écailles. Ils sont généralement longs et parallèles.



CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES/ HYGROTHERMIQUES



Densité : Très élevée

2,6 à 2,9

» Porosité: Très faible → 0,1 % à 3 %
 » Résistance à la diffusion de vapeur (μ):

Elevée → environ 10000 (marbre), 800 à 1000 (schiste)

» W₈₀ Hygroscopicité : Très faible → environ 3 kg/m³

Comportement au sein de la paroi

Ces roches très fermées à la diffusion de vapeur d'eau et peu poreuses, sont souvent des matériaux « barrières » à la diffusion de l'humidité dans un complexe (ce sont éventuellement les liants entre éléments qui véhiculeront l'humidité). Il faut donc veiller à ce que l'humidité ne se retrouve pas bloquée par le matériau dans une ambiance propice à la condensation. En cas d'isolation côté intérieur, un parevapeur devant l'isolant (cas des parois verticales) et/ou une lame d'air ventilée en sous-face (cas de l'ardoise en toiture) permet de minimiser ce risque.

RISQUES ET PATHOLOGIES LIÉES À L'HUMIDITÉ



Ces roches sont très résistantes à l'humidité, c'est pour cela que le marbre et l'ardoise sont utilisés en paroi extérieur, au contact de la pluie. Il est possible de constater une dégradation esthétique pour le marbre (jaunissement).

Il existe toutefois quelques risques liés à l'humidité :

- Attaques d'agents biologiques : mousses, champignons et lichens, algues et bactéries. Principalement dans les zones humides, plus ou moins ombragées.
- Alvéolisations et efflorescences : migrations d'éléments minéraux via les remontées capillaires à la surface de la pierre en formant un dépôt. Lorsque l'eau s'évapore, leur cristallisation s'accompagne d'une augmentation de leur volume et font éclater les pores de la pierre.
- Corrosion des armatures : certaines maçonneries en possèdent (agrafes, tirants, goujons...).





MÉTHODE ADAPTÉE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ



La mesure de l'humidité d'un mur en pierre peut s'effectuer avec une bombe au carbure. La mesure peut être réalisée dans le mortier entre chaque pierre lorsque la pierre est trop dure.

Certains humidimètres à pointe ou de surface, sont calibrés pour la pierre. La courbe caractéristique pour la pierre est alors à sélectionner pour la mesure. En revanche, la précision de la mesure avec les humidimètres est plus faible qu'avec la bombe au carbure.

BIBLIOGRAPHIE



Ministre de l'Ecologie du Développement durable et de l'Energie. CTMNC. Mémento sur l'industrie française des roches ornementales & de construction. Rapport final. Publié en Octobre 2014 CSTB. Guide technique : transferts d'humidité à travers les parois. Septembre 2009 Pour aller plus loin, toutes les sources sont disponibles dans le livrable SMART RENO.

Roches magmatiques Naturels primaires - Pierre





DESCRIPTION

Les roches magmatiques sont divisées en deux groupes : roches plutoniques (refroidissement lent \rightarrow granite) et les roches volcaniques (refroidissement rapide \rightarrow basalte). Le granite et le basalte sont les roches magmatiques les plus utilisées. Il existe aussi le diorite, la péridotite, le gabbro, la rhyolite...



PÉRIODE D'EMPLOI / TYPE D'EMPLOI

Excellentes pierres de construction qui sont très dures, quasiment inaltérables et adhérentes au mortier. Elles sont utilisées principalement pour les bordures de trottoir ou pour l'édification de beaux monuments (églises, calvaires bretons..), elles peuvent constituer l'intégralité d'un édifice par endroits et le soubassement seulement dans d'autres (en raison de sa dureté et de sa tendance à bloquer l'humidité).

L'exploitation du granite date de -5000 avant J-C, le basalte est exploité aussi depuis de nombreuses années.



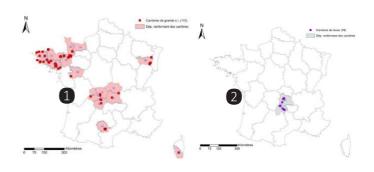
LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE

On va retrouver des bâtiments en granite principalement en Bretagne et dans le centre de la France, ceux en lave majoritairement en Auvergne.

Voici deux cartes représentants respectivement :

1 Les carrières de granite en France (données 2014). Ceci comprend également des roches aux compositions similaires comme les granodiorites.

2 Les carrières de lave en France : basalte, péridotite, diorite...



ELÉMENTS DE RECONNAISSANCE ET D'IDENTIFICATION

Les granites sont très denses et très durs. Ils présentent de grands cristaux aisément discernables à l'œil nu (Image 2 : granite de près) et sont naturellement gris, beiges ou roses (Image 4 : mur de granite).

Les basaltes ont pour la plupart, des cristaux invisibles à l'œil nu. Ils peuvent être très poreux, avec beaucoup de trous. Ils sont noirs, gris (Image 3 : coloris des pierres de basalte) ou bruns-rouges (Image 1 : mur en basalte).

Les roches magmatiques ont la particularité de ne pas posséder de couches successives (bandes de couleurs différentes) visibles lorsqu'une roche est découpée en deux. Si les grains contiennent des cristaux, vous pouvez vous servir de l'orientation et de la taille de ces cristaux pour identifier la roche. Les roches magmatiques ont des cristaux orientés dans tous les sens. Elles pourraient aussi contenir de gros cristaux mélangés à de petits cristaux.







» Densité: Très élevée → 2,6 à 3,1
 » Porosité: Très faible → 0,5 % à 3 %

» Résistance à la diffusion de vapeur (μ) : Très élevée 🗲 environ 10 000 (basalte)

Comportement au sein de la paroi

Ces roches très fermées à la diffusion de vapeur d'eau et peu poreuses, sont souvent des matériaux « barrières » à la diffusion de l'humidité dans un complexe (ce sont éventuellement les liants entre éléments qui véhiculeront l'humidité). Le granite est par exemple utilisé dans certaines régions comme barrières anti remontées capillaires. Il faut donc veiller à ce que l'humidité ne se retrouve pas bloquée par le matériau dans une ambiance propice à la condensation. En cas d'isolation côté intérieur, un pare-vapeur devant l'isolant permet par exemple de minimiser ce risque.

RISQUE ET PATHOLOGIES LIÉES À L'HUMIDITÉ



Ces roches sont très résistantes à l'humidité et peuvent être utilisées pour les murs extérieurs sans enduit extérieur.

Il existe toutefois quelques risques liés à l'humidité :

- Le gel entraîne une dilatation de l'eau contenue dans les pores. Il peut alors se créer des fissures et des écaillages en surface.
- Des plaques se créées par les pluies récurrentes et des cycles de séchage. Ses plaques forment une surface désagrégée par les sels et sont propices à la désagrégation sableuse.
- Les alvéolisations et les efflorescences : migrations d'éléments minéraux via les remontées capillaires à la surface de la pierre en formant un dépôt. Lorsque l'eau s'évapore, leur cristallisation s'accompagne d'une augmentation de leur volume et font éclater les pores de la pierre.
- Attaques d'agents biologiques : mousses, champignons et lichens, algues et bactéries. Principalement dans les zones humides, plus ou moins ombragées.
- Corrosion des armatures : certaines maçonneries en possèdent (agrafes, tirants, goujons...).

MÉTHODE ADAPTÉE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ



La mesure de l'humidité d'un mur en pierre peut s'effectuer avec une bombe au carbure. La mesure peut être réalisée dans le mortier entre chaque pierre lorsque la pierre est trop dure.

Certains humidimètres à pointe ou de surface, sont calibrés pour la pierre. La courbe caractéristique pour la pierre est alors à sélectionner pour la mesure. En revanche, la précision de la mesure avec les humidimètres est plus faible qu'avec la bombe au carbure.

BIBLIOGRAPHIE



Ministre de l'Ecologie du Développement durable et de l'Energie. CTMNC. Mémento sur l'industrie française des roches ornementales & de construction. Rapport final. Publié en Octobre 2014 CSTB. Guide technique: transferts d'humidité à travers les parois. Septembre 2009 Pour aller plus loin, toutes les sources sont disponibles dans le livrable SMART RENO.









TYPE D'EMPLOI / DESCRIPTION

Les roches sédimentaires sont les plus utilisées, elles fournissent aux constructeurs le plus grand nombre de matériaux (pierre à bâtir, argile et marne pour les ciments, argile pour les briques et les tuiles, gypse pour le plâtre...). Pour la maçonnerie, ce sont principalement les calcaires, les grès, les gypses et les meulières.



PÉRIODE D'EMPLOI



Les pierres calcaires sont utilisées depuis la nuit des temps par l'homme pour la construction : pierre porteuse, parement de façade, dans d'autres produits tels que les enduits, et dalles de revêtement (Image 4 : dalle en pierre calcaire)...

Les pierres meulières sont utilisées du XIXème siècle à 1930, elles se trouvent principalement dans le bassin parisien (Essonne, Yvelines, Val-de-Marne, Seine-et-Marne, Seine-Saint-Denis...).

LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE



Les roches sont utilisées partout en France. Le patrimoine du bâti existant a été construit principalement avec des pierres locales. C'est ainsi que l'on va retrouver des bâtiments en grès dans les Vosges ou encore en calcaire dans de nombreuses régions de l'Ouest, du Sud et du Nord. Les régions Aquitaine, Bourgogne, Languedoc-Roussillon, Poitou-Charentes et Provence-Alpes-Côte d'Azur concentrent 83% de la production de pierres calcaires. Les régions et les pays connus pour la maçonnerie en calcaire sont le Lot, la Bourgogne et la Provence.

Enfin, voici deux cartes (données 2014) représentants respectivement:

1 Les carrières de grès en France

2 Les carrières de calcaire en France

ELÉMENTS DE RECONNAISSANCE ET D'IDENTIFICATION



Les roches sédimentaires ont la particularité de posséder des couches successives (bandes de couleurs différentes) visibles lorsqu'une roche est découpée en deux. Ces couches sont composées de boue, de sable et de graviers et s'émiettent facilement. Ces roches peuvent facilement être grattées avec l'ongle. Elles possèdent également des cristaux facilement cassables. Elles peuvent contenir des fossiles visibles, par exemple des feuilles entières ou par morceaux, des coquillages, des empreintes de pas, etc.

Le grès a une couleur caractéristique orangée (Image 3 : mur en grès), les pierres calcaires ont une couleur claire: blanc (Image 2: maison en calcaire), bleu gris, gris jaunâtre (Image 1: mur en calcaire), rose...







- Densité : Faible à très élevée 🗲 environ 1,2 (Tuffeau) à 3,2 (Grès)
- » Porosité : Faible à élevée → environ 10 % (Grès) à 50 % (Tuffeau)
- » Résistance à la diffusion de vapeur (μ): Moyenne **→** 20 (tendre et ferme) à 200 (dure)
- » A _{Capillarité} : Elevée → environ 7,5 kg/m².h^{-1/2}

Comportement au sein de la paroi

Le comportement de ces pierres au sein d'une paroi peut-être assez variable en fonction de leurs caractéristiques. Souvent, ces pierres sont plus poreuses, davantage capillaires et hygroscopiques que les autres types. Elles auront donc tendance à se charger davantage en humidité ce qui aura 2 conséquences principales : régulation de l'humidité dans le complexe de paroi d'une part, risques de pathologies accrus en cas d'humidité importante à pénétrer dans la paroi d'autre part. Il est donc important de respecter les flux d'humidité au sein de ces pierres en limitant les matériaux en contact fermés à la diffusion de vapeur.

PATHOLOGIES ET IDENTIFICATION LIÉES À L'HUMIDITÉ



La cause la plus grave de détérioration de la pierre calcaire par l'eau est la « maladie de la pierre » qui s'attaque à son épiderme et nécessite son remplacement. C'est un phénomène chimique qui s'opère sur les parements qui peu à peu se désagrègent : la maçonnerie absorbe l'eau via les remontées capillaires. Elle va migrer et s'évaporer à la surface de la pierre. Le calcin (fine couche à la surface de la pierre composée de carbonate) se transforme alors en une couche fissurée et friable. Le calcin est une pellicule protectrice de la pierre. S'il disparaît, la pierre se retrouve à découvert et fragilisée face aux intempéries, attaques chimiques ou organiques.

D'autres pathologies liées à l'humidité sont listées ci-dessous :

- Dissolutions et ravinements : l'eau coule sur la pierre et provoque une érosion mécanique.
- Le gel entraı̂ne une dilatation de l'eau contenue dans les pores. Il peut alors se créer des fissures et des écaillages en surface.
- Dilatation: l'argile gonfle quand il est humide, entrainant des dilatations hydriques de roches.
- Des plaques se créées par les pluies récurrentes et des cycles de séchage. Ses plaques forment une surface désagrégée par les sels et sont propices à la désagrégation sableuse.
- Les alvéolisations et les efflorescences : migrations d'éléments minéraux via les remontées capillaires à la surface de la pierre en formant un dépôt. Lorsque l'eau s'évapore, leur cristallisation s'accompagne d'une augmentation de leur volume et font éclater les pores de la pierre.
- Attaques d'agents biologiques : mousses, champignons et lichens, algues et bactéries. Principalement dans les zones humides, plus ou moins ombragées.
- Corrosion des armatures : certaines maçonneries en possèdent (agrafes, tirants, goujons...).

MÉTHODE ADAPTÉE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ



La mesure de l'humidité d'un mur en pierre peut s'effectuer avec une bombe au carbure. La mesure peut être réalisée dans le mortier entre chaque pierre lorsque la pierre est trop dure.

Certains humidimètres à pointe ou de surface, sont calibrés pour la pierre. La courbe caractéristique pour la pierre est alors à sélectionner pour la mesure. En revanche, la précision de la mesure avec les humidimètres est plus faible qu'avec la bombe au carbure.

BIBLIOGRAPHIE



Ministre de l'Ecologie du Développement durable et de l'Energie. CTMNC. Mémento sur l'industrie française des roches ornementales & de construction. Rapport final. Publié en Octobre 2014 CSTB. Guide technique: transferts d'humidité à travers les parois. Septembre 2009 Pour aller plus loin, toutes les sources sont disponibles dans le livrable SMART RENO.







lmage 1





TYPE D'EMPLOI / DESCRIPTION

Le torchis est un matériau de remplissage souvent couplé avec des ossatures bois. Les terres à torchis sont généralement fines et argileuses. Elles contiennent peu de sable et fissurent au séchage. Elles sont donc mélangées à des fibres végétales comme la paille. Une variante appelée terre-fibres existe, elle permet de faire des murs plus épais (plus de paille) avec des ossatures plus fines.



PÉRIODE D'EMPLOI

Le torchis est un système constructif datant du Néolithique, développé durant le Moyen-Âge. Il a perduré jusqu'à la fin de la Seconde Guerre Mondiale. Aujourd'hui, cette technique n'est utilisée que pour quelques doublages de cloisons intérieures et de planchers.

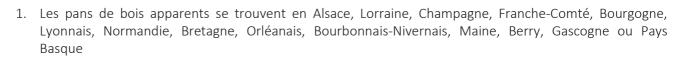
La terre-fibres (ou terre allégée) est une technique plus récente, apparue en Allemagne en 2^{ème} partie de XXe siècle et pratiquée en France depuis quelques années. La terre-fibres est quelque fois nommée sous le nom de torchis, il y a souvent une confusion entre ces deux techniques.



LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE

Les deux techniques se rencontrent dans les régions riches en bois et pauvres en pierre.

Le torchis se subdivise en deux techniques ayant une identification géographique :



2. Les pans de bois cachés se trouvent principalement en Normandie, Champagne, Picardie et Pas-de-Calais.

La terre-fibres est essentiellement basée dans la partie sud du territoire métropolitain, mais des applications se trouvent jusqu'à Lille. Elle est aussi utilisée en complément d'isolation dans les régions à torchis au nord.



ELÉMENTS DE RECONNAISSANCE ET D'IDENTIFICATION

Le torchis est très souvent le matériau de remplissage utilisé lorsque l'ossature bois est apparente (**Images 1 et 3**). Lorsque les pans de bois sont cachés, le torchis est reconnaissable via sa planéité légèrement irrégulière (au contraire, la bauge est banchée et a donc une planéité bien plus régulière). La pose du torchis se fait sous forme de « tiges » ou de « boudins » (**Image 2**).

La quantité de fibres dans le mélange terre-fibres est plus importante que pour le torchis et il n'y a pas ou peu de sables ou graviers dans le mélange. Sachant cela, il est possible de différencier les deux en examinant le matériau (Image 4).





CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES/ HYGROTHERMIQUES

- » Densité : Torchis_Moyenne à élevée → 600 à 1800 kg/m³ / Terre-fibres_Faible → 200 à 1200 kg/m³
- » Porosité : Faible à élevée → Grande variation de porosité (proportion et longueur de fibres dans le mélange)
- » Résistance à la diffusion de vapeur (µ) : Faible → 3 à 12
- » W₈₀ Hygroscopicité : Torchis_Elevée → environ 18 kg/m³
- » A $_{\text{Capillarit\'e}}$: Torchis_Elevée \Rightarrow environ 0,18 kg/m 2 .s 0,5 / Terre-fibres_Elevée \Rightarrow 0,13 à 0,27 kg/m 2 .s 0,5

Comportement au sein de la paroi

On associe régulièrement la paille, disposant des propriétés thermiques intéressantes, et la terre, disposant de propriétés inertielles. Cette technique est souvent employée en préfabrication de panneaux extérieurs, de cloisons, doublages, panneaux de chauffage, etc.

Disposant des propriétés hygroscopiques de la famille "terre", la terre-fibres doit être préférablement associée à un enduit de finition fortement hygroscopique qui agit comme régulation hydrique (enduit à la chaux ou terre).

La place de l'isolant dans la composition de la paroi influe grandement sur sa capacité de séchage et son équilibre hygrothermique :

- en isolation par l'extérieur (ITE), il est recommandé d'avoir un parement extérieur perméable à la vapeur d'eau et capillaire.
- en isolation par l'intérieur (ITI), il est recommandé d'avoir un parement extérieur et un parement intérieur perméables à la vapeur d'eau

Ces modes constructifs permettent à la paroi de réguler naturellement son humidité, en absorbant et désorbant si besoin.





Pour les deux techniques, si l'humidité est trop importante dans la paroi, l'eau sous forme vapeur ou liquide entraine des mouvements de retrait et de gonflement dans les fibres végétales.

Les autres risques liés à l'humidité sont :

- Désagrégation du matériau de remplissage (et des pans de bois adjacents)
- Perforation des parois dans les cavités creusées par des insectes
- Apparition de champignons si teneur en eau trop élevée
- Corrosion des pièces métalliques d'assemblage de l'ossature

Pour la terre-fibres, la faible proportion de terre peut faire transformer le mélange en compost. Des fissurations de l'enduit support peuvent apparaître si le mélange n'est pas au même taux d'humidité que la section de bois employée à l'ossature.



MÉTHODE ADAPTÉE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ

La mesure de l'humidité d'un mélange de construction terre/végétal peut s'effectuer avec une bombe au carbure.

Des hygromètres résistifs ou à sondes capacitives peuvent également être utilisés sous réserve d'un étalonnage spécifique pour la terre.



BIBLIOGRAPHIE

Guide des Éco-matériaux 2019. Issu du guide des bonnes pratiques de la construction terre crue. Publié en 2018.

Agence Qualité Construction. Pôle prévention produits mis en œuvre. Prévenir les désordres, améliorer la qualité de la construction. Publié en mars 2019.

Pour aller plus loin, toutes les sources sont disponibles dans le livrable SMART RENO.

Terre crue - Bauge







TYPE D'EMPLOI / DESCRIPTION

La bauge est un matériau qui sert à élever des murs porteurs. La terre ne contient ni cailloux ni graviers. Elle peut être sableuse, ou plus fine et argileuse. Elle est souvent associée à des fibres végétales pour éviter la fissuration. Les murs en bauge sont construits en empilant des boules de terres malléables comme de la pâte à modeler.



PÉRIODE D'EMPLOI

Le matériau de base est semblable à celui de la terre-fibres et du torchis mais la bauge désigne une technique de construction spécifique. La bauge est utilisée humide (état plastique) et la construction d'un mur porteur en bauge est longue : il faut laisser sécher la paroi presque 1 mois pour chaque 70 cm d'élévation.

Une utilisation significative de la bauge en France est pratiquée au XVIIIe et XIXe siècle pour la plupart des habitations. La maison la plus ancienne se situe à Conteville-en-Ternois (Pas-de-Calais) et daterait du XVIe siècle. En Europe, la bauge est surtout emblématique des régions rurales anglaises, nommées "cob".



LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE

La bauge se retrouve sur l'ensemble du territoire métropolitain avec trois principaux bassins en Basse-Normandie, Haute-Normandie et en Bretagne.

D'autres régions attestent de l'utilisation de la bauge : l'Ouest Atlantique (Vendée, Pays de la Loire, Poitou-Charentes) le Sud Ouest (Midi-Pyrénées, Haute-Garonne, Tarn, etc.) ainsi que le Sud (Camargue).



ELÉMENTS DE RECONNAISSANCE ET D'IDENTIFICATION

La technique est facile à différencier de celle du pisé car les fines couches de terre compactées caractéristiques du pisé sont absentes (Images 3 et 4 : maisons en bauge). Ces deux modes constructifs sont caractérisés par la présence systématique d'un soubassement. Les différences résident dans la technique de mise en œuvre et la nature du matériau (pas de fibres dans le pisé contrairement à la bauge (Image 1)). La bauge est banchée et possède une planéité régulière.

Dans la majorité des cas, la bauge n'est pas coffrée (**Image 2**) et les murs en bauge sont souvent plus épais (50 à 80 cm) que ceux en pisé (40 à 50 cm).







- » Densité : Moyenne à élevée → 1400 à 1800 kg/m³ en fonction du taux d'humidité et du mélange
- » Porosité : Grande variation de porosité (proportion et longueur des fibres dans la bauge)
- » Résistance à la diffusion de vapeur (μ) : Faible \rightarrow 4 à 10
- » W₈₀ Hygroscopicité : Moyenne → 6 à 13 kg/m³.
- » A _{Capillarité} : Très élevée

Comportement au sein de la paroi

La bauge dispose d'une très grande capacité d'absorption de l'eau lui permettant de réguler l'humidité à l'intérieur des espaces. Dans certains cas, l'accumulation d'humidité à l'intérieur du mur peut altérer les propriétés mécaniques de la bauge et causer des problèmes structurels.

Disposant des propriétés hygroscopiques de la famille "terre", la terre-fibres doit être préférablement associée à un enduit de finition fortement hygroscopique qui agit comme régulation hydrique (enduit à la chaux ou terre). Les travaux de rénovation doivent plus globalement permettre à l'humidité de circuler librement dans ces matériaux.

Les éléments en bauge sont souvent des éléments posés sur des soubassements en pierres ou en briques (50 cm à 1 m) car ils sont très capillaires. Sans ces soubassements le mur entier serait trop humide. Le séchage complet de la bauge se fait sur un temps long (environ 2 ans).

PATHOLOGIES LIÉES À L'HUMIDITÉ ET IDENTIFICATION DU RISQUE



La bauge est sensible à l'eau et ses parois exposées aux intempéries peuvent à terme faire disparaitre son enduit. Les autres risques liés à l'humidité sont :

- Perforation des parois dans les cavités creusées par des insectes ou volatils
- Apparition de champignons si teneur en eau trop élevée
- Assèchement trop important de la fibre entrainant un effritement de la terre
- Retrait ou gonflement des argiles
- Lessivage ponctuel de la terre par la présence d'eau en parois. Phénomène particulièrement sensible si observé en haut de mur du fait d'un manque de débord de toit. Risque structurel.
- Apparition de salpêtre via les remontées capillaires \rightarrow apparition de tâches blanchâtres ou grises. Cette émergence est favorisée par le rehaussement des sols extérieurs, la végétation trop proche des murs, un soubassement trop capillaire, l'imperméabilisation des sols renforçant la capillarité des murs conducteurs, la présence de trottoirs en béton de ciment, une voirie en enrobé de bitume, etc.

MÉTHODE ADAPTÉE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ



La mesure de l'humidité d'un mélange de construction terre/végétal peut s'effectuer avec une bombe au carbure.

Des hygromètres résistifs ou à sondes capacitives peuvent également être utilisés sous réserve d'un étalonnage spécifique pour la terre.

BIBLIOGRAPHIE



ARPE Normandie. Guide des bonnes protiques de la construction en terre cure : Torchis. Edition du 13 décembre 2018.

Agence Qualité Construction. Pôle prévention produits mis en œuvre. Prévenir les désordres, améliorer la qualité de la construction. Publié en mars 2019.



Naturels primaires - Terre







Le pisé est un matériau qui sert à élever des murs porteurs massifs et des murs inertiels en volume chauffé. Le pisé est la seule technique qui permet de mettre en œuvre des terres contenant des cailloux et des graviers. La terre est mise en œuvre humide et pulvérulente.



PÉRIODE D'EMPLOI



Le pisé (nom du matériau mais aussi du système constructif associé) est pratiqué depuis l'Antiquité.

Un déclin de la technique s'observe à la disparition des charpentiers piseurs durant la Révolution Industrielle. Sur fond des deux crises de l'énergies (pics pétroliers), dans les années 70, un renouveau technique apparait.

LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE



Traditionnellement, les terres alluviales et morainiques se trouvent essentiellement dans le quart sud-est de la France. Aujourd'hui la majorité des constructions sont situées dans la région Auvergne-Rhône-Alpes et en Bas-Dauphiné.

ELÉMENTS DE RECONNAISSANCE ET D'IDENTIFICATION



La technique de pisé se fait par coffrage en lits successifs de 8 à 10 cm d'épaisseur, un liseret de séparation desdits lits est visible si la paroi est nue (Images 1 et 3). Les ouvertures et les angles sont renforcés par d'autres matériaux plus résistants aux chocs (pierre, bois, brique) indiquant possiblement l'utilisation de cette technique. Entre les banchées, des cordons de mortier peuvent être incorporés afin de densifier la structure. Cordons ayant une autre colorimétrie que le pisé. Notons que les murs en pisé peuvent aussi être préfabriqués (Image 4).

La technique est quelquefois confondue avec celle de la bauge. Ces deux modes constructifs sont caractérisés par la présence systématique d'un soubassement (Image 2). Les différences résident dans la technique de mise en œuvre et la nature du matériau. Le pisé est toujours coffré et ne dispose pas de fibres contrairement à la bauge. Aussi, les murs en bauge sont souvent plus épais (50 à 80 cm) que ceux en pisé (40 à 50 cm).







- » Densité : Elevée → 1700 à 2200 kg/m³ en fonction du taux d'humidité et du mélange
- » Porosité : Faible à moyenne → Grande variation de porosité (plus la terre est argileuse, moins elle sera poreuse)
- » Résistance à la diffusion de vapeur (μ) : Faible → environ 10
- » W₈₀ Hygroscopicité : Elevée → 20 kg/m³.
- » A _{Capillarité} : Très élevée → environ 0,62 kg/m².s^{0,5}

Comportement au sein de la paroi

Le pisé contient un certain pourcentage d'eau retenue dans les argiles, donnant à la terre une capacité de sorption/désorption de l'eau. Il est donc souvent davantage hygroscopique que les matériaux avec lesquels il est en contact (enduit chaux, sable, etc.)

La place de l'isolant dans la composition de la paroi influe grandement sur sa capacité de séchage et son risque de condensation :

- en isolation par l'extérieur (ITE), il est recommandé d'avoir un parement extérieur perméable à la vapeur d'eau et un parement intérieur plutôt étanche.
- en isolation par l'intérieur (ITI), il est recommandé d'avoir un parement extérieur et un parement intérieur perméables à la vapeur d'eau.

Les éléments en pisé sont souvent des éléments posés sur des soubassements en pierres ou en briques (50 cm à 1 m). En construction neuve, le pisé est intégré dans une ossature béton. Ces deux matériaux ont des priorités hygrothermiques différentes.

PATHOLOGIES LIÉES À L'HUMIDITÉ ET IDENTIFICATION DU RISQUE



Le pisé est sensible à l'eau et ses parois exposées aux intempéries peuvent à terme faire disparaitre son enduit. Les autres risques liés à l'humidité sont :

- Lessivage ponctuel de la terre par la présence d'eau en parois. Phénomène particulièrement sensible si observé en haut de mur du fait d'un manque de débord de toiture. Risque structurel.
- Perforation des parois dans les cavités creusées par des insectes ou volatils.
- Au-dessus de 20 %M d'humidité de pose, un risque de déplacement latéral de la terre au lieu d'un compactage est possible.
- Apparition de champignons si teneur en eau trop élevée
- Erosion superficielle due aux intempéries.
- Affaiblissement des joints entre banchées. Retrait ou gonflement des argiles
- Apparition de salpêtre via les remontées capillaires
 apparition de tâches blanchâtres ou grises. Cette émergence est favorisée par le rehaussement des sols extérieurs, la végétation trop proche des murs, un soubassement trop capillaire, l'imperméabilisation des sols renforçant la capillarité des murs conducteurs, la présence de trottoirs en béton de ciment, une voirie en enrobé de bitume, etc.

MÉTHODE ADAPTÉE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ



La mesure de l'humidité d'un mélange de construction terre/végétal peut s'effectuer avec une bombe au carbure.

Des hygromètres résistifs ou à sondes capacitives peuvent également être utilisés sous réserve d'un étalonnage spécifique pour la terre.

BIBLIOGRAPHIE



ARPE Normandie. Guide des bonnes protiques de la construction en terre cure : Bauge. Edition du 13 décembre 2020.

Agence Qualité Construction. Pôle prévention produits mis en œuvre. Prévenir les désordres, améliorer la qualité de la construction. Publié en mars 2019.







Brique en terreNaturels primaires - Terre

TYPE D'EMPLOI / DESCRIPTION

Les briques en terre sont utilisées pour la maçonnerie porteuse, la maçonnerie en cloisonnement et la maçonnerie de façades non porteuses. Elles sont composées de terre fine, et ne contiennent ni cailloux ni graviers. De l'eau, des adjuvants, du sable et des fibres végétales peuvent être rajoutés.



Souvent associée à d'autres types de maçonneries (brique en terre cuite en murs extérieurs et briques en terre crue en murs de refends) ou en remplissage d'ossatures en pans-de-bois à la place d'un pisé.

Il en existe plusieurs sortes :

- Brique en Terre Crue Comprimée (BTC) → terre comprimée à l'état humide à l'aide d'une presse. Un liant à base de ciment ou de chaux hydraulique est ajouté afin d'augmenter la résistance mécanique et hydrique des blocs.
- Adobe → terre mise en forme à l'état plastique à l'aide d'un moule, puis séché à l'air libre.
- Briques extrudées \Rightarrow briques destinées à être cuites mais retirées de la chaine de production avant le passage au four.

Si l'adobe concerne tous types de parois verticales, la BTC et la brique extrudée est davantage employée sur des ouvrages intérieurs non porteurs.

PÉRIODE D'EMPLOI



L'adobe est une technique ancestrale, là ou la BTC et la brique extrudée sont deux techniques de fabrication plus contemporaine, apparues au milieu du XXème siècle.

LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE



Le patrimoine français de construction en brique de terre crue se trouve majoritairement dans le Sud-Ouest, la Champagne et l'Auvergne.

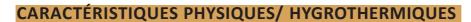
ELÉMENTS DE RECONNAISSANCE ET D'IDENTIFICATION



Murs porteurs de 30 à 50 cm d'épaisseur dont l'aspect visuel diffère de la terre cuite (marron plus clair pour la terre crue) (**Image 1**). Présence fréquente de mortiers utilisant la même terre que les briques pour une bonne adhésion aux briques et une bonne stabilité de l'ouvrage.

Les murs en brique sont généralement recouverts d'un enduit chaux ou terre, mais peuvent rester apparents, côté intérieur (Image 3) et extérieur. Pour résister aux remontées capillaires, des ruptures en soubassement sont souvent faites (utilisation de matériaux non capillaires tels que le béton, pose d'une membrane bitumineuse). La brique extrudée (Image 4) est fortement argileuse contrairement à ses homologues. La BTC (Image 2) est comprimée à des formats standards qui sont les suivants : Format classique : L 315 x l 150 x h 95 mm / Format parement : L 315 x l 95 x h 95 mm







» Densité : Elevée → 1400 à 2200 kg/m³

» Porosité : Moyenne → 30 % à 40 %

» Résistance à la diffusion de vapeur (μ) : Faible \rightarrow 5 à 10

W₈₀ Hygroscopicité: Moyenne → 6 à 13 kg/m³
 L'humidité de référence des BTC est de 0,5 à 2 %

» A Capillarité : Elevée

Comportement au sein de la paroi

Les briques en terre crue ont une forte capacité d'absorption d'eau. Comme les autres types de maçonnerie en terre, elles disposent d'une perspiration insensible (capacité à éliminer la vapeur d'eau en surface) et d'une hygroscopicité élevée. En conséquence, pour ne pas contrer ces phénomènes, cette maçonnerie devra idéalement être couplée à des matériaux tout aussi hygroscopiques et capillaires, ou à défaut, laissés nus.

PATHOLOGIES LIÉES À L'HUMIDITÉ ET IDENTIFICATION DU RISQUE



Les pathologies liées à l'humidité sont les suivantes :

- Risques structurels dues à des remontées capillaires trop importantes, un retrait du mortier excessif, une quantité d'eau significative dans le sol sous le bâtiment et un lessivage de la terre.
- Erosion par rejaillissement des eaux de pluie (interstice entre les briques). Stagnation de neige au contact des briques. L'érosion se manifeste naturellement par un émiettement des briques.
- Apparition de salpêtre via les remontées capillaires \rightarrow apparition de tâches blanchâtres ou grises. Cette émergence est favorisée par le rehaussement des sols extérieurs, la végétation trop proche des murs, un soubassement trop capillaire, l'imperméabilisation des sols renforçant la capillarité des murs conducteurs, la présence de trottoirs en béton de ciment, une voirie en enrobé de bitume, etc.
- Lessivage ponctuel de la terre par la présence d'eau en parois. Phénomène particulièrement sensible en haut de mur du fait d'un manque de débord de toiture. Risque structurel.
- Déchaussement des briques si utilisation d'un mortier ciment ou chaux du fait d'une inadéquation de réponse aux contraintes structurelles (par exemple, risque de gonflement de la brique par accumulation d'eau dans les fissurations d'enduits chaux ou ciments).
- Retrait du mortier par un manque d'adhérence sur la brique au moment de la mise en œuvre.

MÉTHODE ADAPTÉE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ



La mesure de l'humidité d'un mélange d'une brique de terre peut s'effectuer avec une bombe au carbure. Un hygromètre résistif peut également être utilisé sous réserve d'un étalonnage spécifique pour la terre.

BIBLIOGRAPHIE



Projet Cycle Terre. Ministre de l'écologie et du logement. Guide de conception et de construction. Volume 2 : les blocs de terre comprimée. Publié en Mai 2021.

Agence Qualité Construction. Pôle prévention produits mis en œuvre. Prévenir les désordres, améliorer la qualité de la construction. Publié en mars 2019.

Enduit terre

wigwam.





TYPE D'EMPLOI / DESCRIPTION

L'enduit terre est composé de terre fine, d'eau et de sable. Des adjuvants peuvent être rajoutés (chaux, bouse de vache, fibres) si ce n'est pas un enduit de finition. Il est utilisé pour de l'enduit intérieur quand il est fait de terre brute et utilisé en extérieur lorsqu'il est mêlé à de la chaux.



PÉRIODE D'EMPLOI



La terre est l'un des premiers matériaux utilisé en construction. L'enduit terre est moins employé depuis l'apparition des techniques modernes de l'après-guerre. Il réapparaît avec le regain des techniques traditionnelles dans les années 2000 / 2010.

LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE



L'enduit terre se trouve sur tout le territoire métropolitain. Il y a une concentration d'enduit terre en Normandie et en Bretagne sur des systèmes constructifs bauge ou en pisé. Il y en a aussi sur des édifices en pans de bois en Picardie.

ELÉMENTS DE RECONNAISSANCE ET D'IDENTIFICATION



Une rapide identification est faite par sa localisation dans un bâtiment : l'enduit terre brute est rarement utilisé en couche de finition extérieure du fait de sa vulnérabilité aux intempéries. S'il l'est, ce sera plus souvent mélangé à de la chaux et d'autres adjuvants (devenant ainsi un enduit à la chaux).

Il est donc plus communément utilisé en intérieur. Il permet de rajouter de l'inertie thermique aux parois, de réguler l'hygrométrie et contribue à améliorer la qualité de l'air.

Il est de couleur « terre » le plus souvent (Images 1 et 4) mais peut prendre n'importe quelle couleur en fonction des pigments utilisés (Images 2 et 3).





- » Densité : Faible à moyenne → 200 à 1200 kg/m³
- » Porosité : Faible à moyenne Grande variation de porosité (plus la terre est argileuse, moins elle sera poreuse)
- » Résistance à la diffusion de vapeur (μ) : Faible 🗲 3 à 7
- » A _{Capillarité} : Elevée

Comportement au sein de la paroi

Les enduits en terre régulent mieux l'humidité que les autres enduits (chaux, ciment et plâtre) grâce à la présence d'argile. L'argile sec est hygrophile alors que l'argile saturée d'eau est quasiment étanche, ainsi, le taux d'absorption/désorption de l'enduit diffère en fonction de la quantité d'argile présente dans la terre utilisée.

Les enduits en terre sont toutefois très sensibles à l'humidité, il ne faut pas les mettre sur un mur non protégé de la pluie.



PATHOLOGIES LIÉES À L'HUMIDITÉ ET IDENTIFICATION DU RISQUE

Les pathologies liées à l'humidité sont les suivantes :

- Décollement de l'enduit si l'adhérence est mauvaise.
- Risque de pourrissement du support.
- Ecaillage lors du gel de l'eau présent dans l'enduit.
- Farinage lors de l'évaporation trop rapide de l'eau avant la prise.
- Microfissuration lors d'un surdosage du liant ou part argileuse trop importante dans la couche de finition.
- Apparition de salpêtre à cause du sel contenu dans les remontées capillaires. Apparition de tâches blanchâtres ou grises.
- Germination au sein de l'enduit si préparation avec une terre locale non débarrassée de ses débris végétaux commençant à germer.



MÉTHODE ADAPTÉE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ

La mesure de l'humidité d'un mélange d'une brique de terre peut s'effectuer avec une bombe au carbure. Des hygromètres résistifs ou à sondes capacitives peuvent également être utilisés sous réserve d'un étalonnage spécifique pour la terre.



BIBLIOGRAPHIE



Editions Eyrolles. Les enduits de façade : chaux, plâtre, terre. Guide pratique. Nombre de page : 117. Date de parution : 11/2010

ARPE Normandie. Guide des bonnes protiques de la construction en terre cure : enduit en terre. Edition du 13 décembre 2018.

Bois feuillus - Dense

Naturels primaires - Bois





Image 1



TYPE D'EMPLOI / DESCRIPTION

Les bois feuillus sont utilisés en éléments de charpente en toiture, en pans de bois en parois verticales (remplissage divers : torchis, brique), en revêtements intérieurs (parquets, lambris), en menuiseries... Les essences de bois feuillues en France utilisées en construction sont principalement le chêne et le châtaigner.



PÉRIODE D'EMPLOI



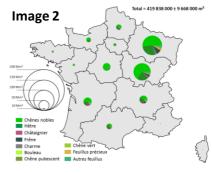
Utilisé de tout temps depuis le paléolithique, le bois en construction est utilisé durablement à partir du moyen-âge, époque à laquelle subsiste encore quelques bâtiments, essentiellement dans les centres villes anciens.

On assiste à un déclin progressif de la place du bois en construction après la 2^{nde} guerre mondiale en raison des coûts de la matière première. Ce matériau devient de plus en plus en vogue depuis les années 90 en raison des bénéfices environnementaux (stockage du CO_2) entre autres. Cependant, le bois résineux provenant de l'importation a souvent remplacé le bois feuillu local pour des raisons de coût.



LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE

Dans la quasi-totalité des régions ; très rare en Corse et sur le pourtour méditerranéen (Image 2: stock sur pied par essence de feuillus en 2019).



ELÉMENTS DE RECONNAISSANCE ET D'IDENTIFICATION



Il existe de nombreuses essences de bois feuillus utilisés en construction. Le plus courant utilisé pour des éléments structurels est de très loin le chêne (43% de l'usage en construction et plus de 90% pour les éléments structurels en feuillus), il est populaire notamment pour sa résistance naturelle aux attaques d'insectes et de champignons.

Ils se caractérisent par leur forte densité. Les cernes du bois sont beaucoup moins marqués que dans les bois résineux. Le chêne est reconnaissable à ses rayons ligneux très larges (traits clairs).

Le chêne et le châtaigner sont plus sombres que les bois résineux et sont utilisables en système constructif poteau-poutre (Image 1), charpente (Images 3 et 5), menuiserie extérieure (Image 4)...





- Densité : Moyenne → 650 à 850 kg/m³
- » Porosité : Elevée → environ 70 %
- » Résistance à la diffusion de vapeur (μ): Moyenne → 10 à 200 (en fonction de la direction/l'essence)
- » W₈₀ Hygroscopicité : Très élevée → environ 98 kg/m³
- » L'humidité en équilibre hygrothermique se situe entre 8% (intérieur) et 18% (extérieur abrité)
- » A _{Capillarité}: Faible (perpendiculaire aux fibres) à moyenne (sens des fibres) → environ 0,54 kg/m².h^{0,5} (chêne radial)

Comportement au sein de la paroi

Le bois feuillu, bien que considéré ici comme dense, est souvent plus hygroscopique que les matériaux avec lesquels il se trouve en contact dans une paroi ou un point singulier (mortier chaux, briques de terre cuite...).

En ce sens, ces éléments structurels ponctuels auront tendance à absorber l'humidité des matériaux alentours, avec par conséquent un fort potentiel de régulation de l'humidité au niveau d'un point singulier, mais avec des risques de dégradations du bois possibles en cas de prise d'humidité trop importante.

Sujétions de modélisation

Les éléments de bois sont souvent des éléments structurels "ponctuels" intégrés dans un ensemble constructif impliquant d'autres matériaux de remplissage. Il est donc souvent nécessaire d'intégrer des éléments bois comme des singularités dans le cadre d'une modélisation sur partie courante (remplissage torchis, brique, isolant, etc.).

PATHOLOGIES LIÉES À L'HUMIDITÉ ET IDENTIFICATION DU RISQUE



- Développement fongique pouvant être lignicole mais n'ayant pas d'impact sur la résistance mécanique du bois (coloration).
- Développement fongique lignivore : c'est-à-dire pourriture brune ou cubique, pourriture blanche ou fibreuse, la mérule (apparition liée à un minimum de 22% de teneur en eau du bois, optimum à 35%). Ces attaques dégradent les propriétés chimiques et donc hygrothermiques et structurelles du bois. Si la teneur en eau du bois est inférieure à 20% ou supérieure à 60%, (bois immergé), il dispose d'une protection naturelle à l'attaque de champignons. Certaines essences comme le chêne sont naturellement résistantes.
- Développement entomique : des températures basses et le confort nutritif que représente le bois peuvent favoriser l'apparition d'insectes. Il peut s'agir de coléoptères à larves xylophages (particulièrement dans le résineux avec une teneur en eau supérieure à 20%), de termites (plus fréquent en constructions anciennes que neuves). Ces insectes se développent dans des températures comprises entre 12 et 35°C. La dégradation se présente sous la forme de trous ou galeries à la surface du bois.

MÉTHODE ADAPTÉE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ



Les humidimètres à pointe sont, pour la majorité, calibrés pour la mesure de la teneur en eau du bois. Il existe souvent plusieurs modes de mesure pour le bois. Suivant l'essence à mesurer il faut se référer à la notice de l'humidimètre. Pour les bois feuillus denses, le chêne européen est souvent inscrit dans les courbes de calibration. Cette méthode de mesure permet d'obtenir une bonne précision de la teneur en eau du bois.

Pour une méthode non destructive, les humidimètres de surface peuvent également être employés en ayant tout de même une vigilance sur les matériaux qui peuvent se trouver en contact avec le bois qui auront une influence sur la mesure.

BIBLIOGRAPHIE



Maximin Varnier, « Comportement thermo-hygro-mécanique différé des feuillus. Des sciences du bois à l'ingénierie ». Thèse de doctorat en ingénierie, sous la direction de Frédéric Dubois. Ecole doctorales Sciences et Ingénierie en matériaux, mécanique, énergétique et aéronautique, 2019, 244 pages. Pour aller plus loin, toutes les sources sont disponibles dans le livrable SMART RENO.

Bois résineux – Tendre

Naturels primaires - Bois





TYPE D'EMPLOI / DESCRIPTION

Les bois résineux sont utilisés en structure (charpente, ossature, couverture), bardage, aménagement extérieur (platelage, terrasse), menuiserie intérieure ou extérieure, agencement intérieur (parquets, lambris). Les essences de bois résineux, ou bois tendres, utilisées en construction sont le pin, l'épicéa, le sapin, le cèdre, le mélèze et le douglas.



PÉRIODE D'EMPLOI



Utilisé de tout temps depuis le paléolithique, le bois en construction est utilisé durablement à partir du moyen-âge, époque à laquelle subsiste encore quelques bâtiments, essentiellement dans les centres villes anciens.

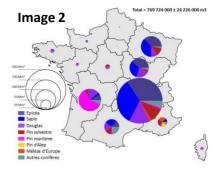
On assiste à un déclin progressif de la place du bois en construction après la 2^{nde} guerre mondiale en raison des coûts de la matière première. Ce matériau devient de plus en plus en vogue depuis les années 90 en raison des bénéfices environnementaux (stockage du CO₂) entre autres.

LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE



Dans la quasi-totalité des régions ; plus rare dans le nord de la France (Image 2: stock sur pied par essence de résineux en 2019).

Présent au-delà de 800 m, contrairement aux bois feuillus où c'est plus rare.



ELÉMENTS DE RECONNAISSANCE ET D'IDENTIFICATION



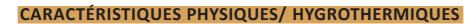
Il existe de nombreuses essences de résineux "tendres" utilisées en construction. Les plus courantes pour des éléments structurels sont le pin, le sapin, l'épicéa, le douglas, le cèdre et le mélèze qui ont des propriétés hygroscopiques relativement proches.

Ces bois se caractérisent par leur faible densité (le bois est marqué lorsqu'on appuie dessus avec l'ongle).

Les cernes du bois sont très marqués en raison des alternances entre le bois d'hiver dense (cernes bruns) et le bois d'été (cernes clairs).

Ce sont des bois souvent clairs (pin, sapin, douglas) utilisables en charpente (Image 1), bardage (Image 3), parquet (Image 4), ossature (Image 5)...







Densité: Faible → 500 à 700 kg/m³

» Porosité: Elevée → environ 70 %

- » Résistance à la diffusion de vapeur (μ): Faible \rightarrow 50 (sec) à 20 (humide) (direction/essence)
- » W₈₀ Hygroscopicité : Très élevée → environ 60 kg/m³
- » L'humidité en équilibre hygrothermique se situe entre 8% (en intérieur) et 18% (en extérieur abrité)
- » A _{Capillarité}: Faible (perpendiculaire aux fibres) à moyenne (sens des fibres) → environ 0,41 kg/m².h^{0,5} (épicéa radial)

Comportement au sein de la paroi

Moins dense que le feuillu, le bois résineux est davantage hygroscopique. Il réagira d'une manière similaire que le bois dense, en jouant un rôle d'éponge et de régulateur hydrique. Les éléments structurels ponctuels en bois auront tendance à absorber l'humidité des matériaux alentours, avec par conséquent un fort potentiel de régulation de l'humidité au niveau d'un point singulier, mais avec des risques de dégradations du bois possible en cas de prise d'humidité trop importante.



PATHOLOGIES LIÉES À L'HUMIDITÉ ET IDENTIFICATION DU RISQUE

- Développement fongique pouvant être lignicole mais n'ayant pas d'impact sur la résistance mécanique du bois (coloration).
- Développement fongique lignivore : ç'est-à-dire pourriture brune ou cubique, pourriture blanche ou fibreuse, la mérule (apparition liée à un minimum de 22% de teneur en eau du bois, optimum à 35%). Ces attaques dégradent les propriétés chimiques et donc hygrothermiques et structurelles du bois. Si la teneur en eau du bois est inférieure à 20% ou supérieure à 60%, (bois immergé), il dispose d'une protection naturelle à l'attaque de champignons. Certaines essences comme le douglas sont naturellement plus résistantes que d'autres comme le pin.
- Développement entomique : des températures basses et le confort nutritif que représente le bois peuvent favoriser l'apparition d'insectes. Il peut s'agir de coléoptères à larves xylophages (particulièrement dans le résineux avec une teneur en eau supérieure à 20%), de termites (plus fréquent en constructions anciennes que neuves). Ces insectes se développent dans des températures comprises entre 12 et 35°C. La dégradation se présente sous la forme de trous ou galeries à la surface du bois.





Les humidimètres à pointe sont, pour la majorité, calibrés pour la mesure de la teneur en eau du bois. Il existe souvent plusieurs modes de mesure pour le bois. Suivant l'essence à mesurer il faut se référer à la notice de l'humidimètre. Pour les bois résineux tendres, le pin, le sapin, le mélèze ou le douglas sont souvent inscrits dans les courbes de calibration. Cette méthode de mesure permet d'obtenir une bonne précision de la teneur en eau du bois.

Pour une méthode non destructive, les humidimètres de surface peuvent également être employés en ayant tout de même une vigilance sur les matériaux qui peuvent se trouver en contact avec le bois qui auront une influence sur la mesure.



BIBLIOGRAPHIE

Maximin Varnier, « Comportement thermo-hygro-mécanique différé des feuillus. Des sciences du bois à l'ingénierie ». Thèse de doctorat en ingénierie, sous la direction de Frédéric Dubois. Ecole doctorales Sciences et Ingénierie en matériaux, mécanique, énergétique et aéronautique, 2019, 244 pages. Pour aller plus loin, toutes les sources sont disponibles dans le livrable SMART RENO.





Enduit / mortier de chaux

Transformés – Enduits et mortiers



Ils sont composés de 30% de chaux et 70% de sable. Ils sont principalement utilisés en extérieur en tant qu'enduit ou pour jointoyer des murs de maçonnerie en pierre. La chaux est interdite pour les parties souterraines d'un bâtiment où les températures de gel varient d'une région à l'autre.



On distingue deux types de chaux : aérienne et hydraulique

La chaux aérienne (faite de calcaire pur) se destine à tous travaux où la prise lente est possible. Sensible à l'eau, au soleil et au gel, elle est adaptée aux milieux secs et est donc principalement utilisée en intérieur. La chaux hydraulique (faite d'aluminate, de silicate, de calcium et d'argile) a une prise rapide et peut s'utiliser dans un milieu avec une forte humidité. Mécaniquement plus résistante, elle sera favorisée pour certains types d'ouvrages.

PÉRIODE D'EMPLOI ET TYPE D'EMPLOI



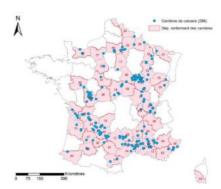
Pratique multimillénaire concernant la construction contemporaine et le bâti ancien. Excepté l'enduit ciment, c'est le type d'enduit le plus utilisé en France. L'usage des enduits ciments se développe au XIXe siècle et piétine la part d'enduits chaux. Depuis les années 70, les qualités sanitaires de la chaux et sa capacité à laisser passer la vapeur d'eau la remirent au goût du jour.

LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE



La chaux n'a pas de répartition géographique précise et se retrouve sur tout le territoire. Un parallèle géographique peut éventuellement être fait avec les carrières de calcaire.

Voici une carte représentant l'emplacement des carrières de calcaire en France (données 2014).



ELÉMENTS DE RECONNAISSANCE ET D'IDENTIFICATION



Un enduit chaux est davantage friable qu'un enduit ciment.

Habituellement de couleur gris clair (Images 1,2 et 4), l'enduit chaux peut aussi prendre la couleur du sable qui le compose (Image 3).

La présence de sable permet de le distinguer d'un enduit plâtre grâce à la granulométrie du matériau, le plâtre aura un aspect bien plus lisse et des grains bien plus fins.





- Densité : Elevée → environ 1600 kg/m³
- » Porosité : Moyenne 🛨 environ 30 %
- » Résistance à la diffusion de vapeur (μ) : Moyenne → environ 310
- » W₈₀ Hygroscopicité : Elevée → environ 30 kg/m³
- » A _{Capillarité}: Moyenne à élevée → 0,047 à 0,16 kg/m².s^{0,5}
- » L'humidité en équilibre hygrothermique se situe entre 2,8 % et 7,5 %

Comportement au sein de la paroi

De par sa forte hygroscopicité et sa faible résistance à la diffusion de vapeur d'eau, la chaux est un matériau qui a la capacité naturelle de réguler l'humidité ambiante et celle présente dans la paroi. L'enduit chaux est donc recommandé en surface de parois dont les matériaux ont de fortes capacités hydriques car il permettra aux transferts d'humidité de s'effectuer correctement au sein de la paroi.

Sur des murs en bauge ou en torchis, éviter d'apposer un enduit de **chaux aérienne** car malgré sa souplesse, il est plus rigide que la terre. Il est par contre recommandé sur des murs en bois ou en pierre, de par sa perspirante, la chaux aérienne laisse parfaitement respirer la paroi.

La chaux hydraulique se marie avec son support en fonction de son hydraulicité. Il existe 3 classes : NHL2 pour les supports tendres : pierres très tendres, pisé, briques de terre crue, torchis... / NHL3.5 pour des pierres de dureté moyenne, briques, béton cellulaire, terre... c'est le plus utilisé / NHL5 pour des murs en agglomérés creux ou pleins, les dalles dans le cas de nécessité de prise rapide.

PATHOLOGIES LIÉES À L'HUMIDITÉ ET IDENTIFICATION DU RISQUE



- Décollement de l'enduit si l'adhérence est mauvaise.
- Risque de pourrissement du support.
- Ecaillage si gel de l'eau présent dans l'enduit.
- Farinage si évaporation trop rapide de l'eau avant la prise.
- Apparition de salpêtre à cause du sel contenu dans les remontées capillaires. Apparition de tâches blanchâtres ou grises.
- Changement de couleur.
- Germination au sein de l'enduit si préparation avec une terre locale non débarrassée de ses débris végétaux commençant à germer.

MÉTHODE ADAPTÉE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ



La mesure de l'humidité d'un mélange d'un enduit chaux peut s'effectuer avec une bombe au carbure. Un hygromètre résistif peut également être utilisé sous réserve d'un étalonnage spécifique pour la terre.

BIBLIOGRAPHIE



Editions Le Moniteur. Traité de la maçonnerie ancienne. Alain Popinet. Nombre de page : 418. Date de parution : 06/05/2018

Editions Eyrolles. Les enduits de façade : chaux, plâtre, terre. Guide pratique. Nombre de page : 117. Date de parution : 11/2010





Enduit / mortier ciment

Transformés – Enduits et mortiers

TYPE D'EMPLOI / DESCRIPTION

L'enduit en ciment, aussi appelé Portland, permet de réaliser des finitions propres, rapides et résistantes. Il est composé de sable, d'eau et de ciment. Il est utilisé principalement pour les finitions extérieures.



PÉRIODE D'EMPLOI



L'enduit ciment est apprécié au XIXe siècle pour ses qualités de prise rapide et de très grande résistance.

Dans les années 50/60, il a beaucoup été utilisé pour recouvrir les maisons en pierre. L'enduit ciment ne laisse pas passer la vapeur d'eau, il est donc à l'origine de nombreuses pathologies sur ces maisons. L'humidité (arrivée par capillarité dans la pierre) ne pouvant s'échapper. Son usage est maintenant réduit en rénovation, l'enduit à la chaux étant favorisé.

De plus, la production de ciment est responsable à elle seule de 5 % des émissions de gaz à effet de serre, c'est donc un matériau qui sera de moins en moins utilisé à l'avenir.

LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE



Les enduits ciments n'ont pas de répartition géographique précise et se retrouvent sur tout le territoire.

ELÉMENTS DE RECONNAISSANCE ET D'IDENTIFICATION



L'enduit ciment est beaucoup plus résistant mécaniquement que l'enduit à la chaux. Il est de couleur grise (Images 1,2 et 3) ou (rarement) de la couleur d'un colorant qui lui est appliqué (Image 4).

Lorsque l'on tapote sur un enduit ciment sur un mur en pierre, le mur va raisonner creux car cet enduit a tendance à se décoller. Contrairement à l'enduit à la chaux que l'on peut effriter, l'enduit ciment est trop dur.

Régulièrement, la pierre qui est couverte par un enduit au ciment est aussi altérée. Si l'enduit se décolle, il va emporter une partie de la pierre avec lui.





Densité : Elevée 🗲 environ 2000 kg/m³

» Porosité : Faible 🗲 environ 23 %

» Résistance à la diffusion de vapeur (μ) : Elevée 🗲 environ 355

» W₈₀ Hygroscopicité : Elevée → environ 35 kg/m³

» L'humidité en équilibre hygrothermique se situe entre 1% et 7%

» A _{Capillarité}: Faible → environ 0,01 kg/m².s^{0,5}

Comportement au sein de la paroi

L'enduit des murs en pierre a tendance à se déplacer légèrement pour suivre les variations dimensionnelles du mortier qui assemble les pierres. L'enduit au ciment lui n'est pas élastique mais adhère parfaitement à la surface de la pierre. Il va donc se décoller petit à petit du reste de la paroi.

Contrairement aux enduits à la chaux, l'enduit ciment ne laisse pas passer la vapeur d'eau. Ainsi, lorsque le flux d'humidité va de l'intérieur vers l'extérieur de la maison (majorité de l'année), et lors des remontées capillaires, la présence de l'enduit ciment va retenir l'humidité dans la paroi au risque de générer des pathologies dans le support de l'enduit.

PATHOLOGIES LIÉES À L'HUMIDITÉ ET IDENTIFICATION DU RISQUE



- Décollement de l'enduit si l'adhérence est mauvaise.
- Risque de pourrissement du support.
- Faïençage en séchant si l'humidification de la surface à enduire était trop faible.
- Farinage si évaporation trop rapide de l'eau avant la prise.

MÉTHODE ADAPTÉE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ



La mesure de l'humidité de l'enduit ou du mortier ciment s'effectue avec la bombe au carbure qui donnera une mesure précise de la teneur en eau.

Certains humidimètres à pointe ou de surface, sont calibrés pour l'enduit ou le mortier ciment. La courbe caractéristique est alors à sélectionner pour la mesure. En revanche, la précision de la mesure avec les humidimètres est plus faible qu'avec la bombe au carbure.

BIBLIOGRAPHIE



Etude HYGROBA « Etude de la réhabilitation hygrothermique des parois anciennes » 2013 CSTC.be. Info fiche : taux d'humidité hygroscopique des matériaux. Eeckhout (S.). Publié en 2004. Pour aller plus loin, toutes les sources sont disponibles dans le livrable SMART RENO.

Enduit plâtre





Transformés – Enduits et mortiers

Image 1

TYPE D'EMPLOI / DESCRIPTION

L'enduit plâtre est fabriqué à base de plâtre (issue du gypse). C'est l'un des enduits intérieurs et extérieurs le plus populaire, car très esthétique. Des colorants naturels ou artificiels sont ajoutés si besoin.



PÉRIODE D'EMPLOI



Le plâtre est, avec la chaux, le plus ancien liant calciné inventé par l'Homme pour réaliser des mortiers de maçonnage et d'enduit. Les historiens estiment sa première apparition il y a 9000 ans en Anatolie.

En France, l'usage du plâtre connaît un développement au XVe siècle. Relégué au rang de matériau d'enduit peu coûteux à la fin du XIXe siècle, il gagne en notoriété depuis quelques années, notamment parce qu'il est naturellement un régulateur hydrique, il absorbe l'humidité.

LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE



On le retrouve sur tout le territoire (20% du bâti ancien), mais sa plus grande présence est en Ile-de-France où plus de 50% du bâti parisien est enduit au plâtre (pur ou additionné à de la chaux).

ELÉMENTS DE RECONNAISSANCE ET D'IDENTIFICATION



La distinction avec l'enduit chaux est délicate. A la granulométrie, on distingue visuellement que l'enduit plâtre est exempté de sable. Seulement, lorsqu'il est broyé grossièrement, le gypse peut être confondu. Il est de couleur blanche le plus couramment (voir images). Si vous avez la possibilité d'effectuer un forage, l'enduit plâtre devrait produire une poudre fine et blanche.

Si l'on aperçoit une présence de débris de charbon, il s'agit de plâtre artisanal cuit à basse température. L'enduit plâtre est également plus difficile à casser que l'enduit chaux.

Sur des tests chimiques, l'acide chlorhydrique versé sur un enduit le rend effervescent. Ce test est faussé puisque le gypse dispose d'un pourcentage de calcaire, carbonate de calcium (jusqu'à 25% dans certains gisements) et peut donc aussi réagir au mélange.







Densité : Elevée → environ 1800 kg/m³

» Porosité : Elevée

» Résistance à la diffusion de vapeur (μ) : Faible \rightarrow 10 (sec) à 6 (humide)

» W₈₀ Hygroscopicité : Moyenne → environ 10 kg/m³

» L'humidité en équilibre hygrothermique se situe entre 1% et 3%

Comportement au sein de la paroi

Contrairement à l'enduit chaux qui fait un retrait dans une paroi, l'enduit plâtre gonfle légèrement au séchage.

Légèrement plus perspirant que la chaux aérienne, beaucoup plus que la chaux hydraulique, il s'applique sur tous types de maçonneries. Du fait de sa faible résistance à la diffusion de vapeur d'eau, il ne s'opposera pas à la libre circulation d'humidité mais aura plutôt tendance, de par son hygroscopicité, à réguler cette humidité. Il peut donc être placé côté extérieur de l'isolation (sur une maçonnerie par exemple) sans risque de rétention excessive d'humidité.

PATHOLOGIES LIÉES À L'HUMIDITÉ ET IDENTIFICATION DU RISQUE



- Cloquage si humidité excessive au sein de la paroi.
- Incompatibilité totale avec le ciment car il va y avoir une formation de sels expansifs et provocation de cloques.
- Efflorescence si forte hygrométrie et porosité élevée de l'enduit.
- Ecaillage si gel de l'eau présent dans l'enduit.
- Farinage si évaporation trop rapide de l'eau avant la prise.
- Salpêtres et moisissures en cas de remontées capillaires.
- Changement de couleur.
- Germination au sein de l'enduit si préparation avec une terre locale non débarrassée de ses débris végétaux commençant à germer.

MÉTHODE ADAPTÉE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ



La mesure de l'humidité de l'enduit plâtre s'effectue avec la bombe au carbure qui donnera une mesure précise de la teneur en eau.

Certains humidimètres à pointe ou de surface, sont calibrés pour l'enduit plâtre. La courbe caractéristique est alors à sélectionner pour la mesure. En revanche, la précision de la mesure avec les humidimètres est plus faible qu'avec la bombe au carbure.

BIBLIOGRAPHIE



Editions Eyrolles. Les enduits de façade : chaux, plâtre, terre. Guide pratique. Nombre de page : 117. Date de parution : 11/2010

CSTC.be. Info fiche : taux d'humidité hygroscopique des matériaux. Eeckhout (S.). Publié en 2004.

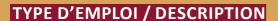




Brique de terre cuite pleine

Transformés – Blocs de maçonnerie





Les briques de terre cuite pleines sont un mélange d'argile et de sable cuit à environ 1200°C. Utilisées pour les murs extérieurs porteurs et non-porteurs, murs de refends, cloisons de distribution et doublage de cloisons de distribution.



PÉRIODE D'EMPLOI ET LOCALISATION GEOGRAPHIQUE



L'apparition de la brique se situe dans l'Orient méditerranéen dès le XIII millénaire avant J.C. faisant de ce matériau l'un des plus anciens produits "industriels".

Les Romains généraliseront le procédé de ce matériau vers le début du Ve siècle avant J.C. La construction en brique disparait jusqu'au XIIe siècle, marqué par la réalisation de la basilique Saint-Sernin à Toulouse.



L'industrialisation du XIXe siècle offre un renouveau à la brique cuite qui sera largement utilisée lors des programmes sociaux du XIXe siècle. Le patrimoine français se situe principalement en Picardie, Artois, Midi-Pyrénées, Normandie, Champagne, Ile de France (Image 1 : HLM, habitations situé à Paris).

ELÉMENTS DE RECONNAISSANCE ET D'IDENTIFICATION



Les briques sont facilement reconnaissables, elles ont une couleur orangée caractéristique et sont assemblées grâce à du mortier.

Une identification par format est possible :

- Brique "littoral", c'est la plus utilisée (région Mer du Nord) : 21x10x6,5cm (Images 2 et 4)
- Brique "foraine" ou "Toulousaine" : dimensions variant autour de 30 à 45cm de longueur, 20 à 30 cm de largeur et de 4,4 cm d'épaisseur (Image 3)

Cette distinction géographique peut être corrélée aux typologies d'argile présentes localement et donnant les qualités de la brique (porosité, masse volumique, résistance, comportement hygrothermique).

Un percement du mur produisant de la poudre rouge permettra d'éliminer les autres types de maçonneries et de se concentrer sur la famille "brique".





» Densité : Moyenne à élevée → 1000 à 2400 kg/m³

» Porosité : Moyenne à élevée → 20 % à 55%

» Résistance à la diffusion de vapeur (μ) : Faible → 16 (sec) à 10 (humide)

» W₈₀ Hygroscopicité : Moyenne → environ 4,5 kg/m³

» A _{Capillarité} : Elevée → environ 0,36 kg/m².s^{0,5}

» L'humidité en équilibre hygrothermique se situe entre 0,3% et 0,9%

Comportement au sein de la paroi

La forte porosité de la brique la rend très capillaire. La capacité de sorption/désorption de l'argile qu'elle contient est très rapide. En conséquence, l'eau de pluie ruisselle peu sur un mur extérieur en brique pleine. L'inconvénient est un risque de traversée de l'eau à l'état liquide si la saturation est atteinte, dégradant potentiellement le parement intérieur. Dégradation accentuée si le matériau du parement intérieur est peu capillaire et fermé à la vapeur d'eau.

La place de l'isolant dans la composition de la paroi influe grandement sur sa capacité de séchage et son risque de condensation :

- en isolation par l'extérieur (ITE), il est recommandé d'avoir un parement extérieur perméable à l'eau sous format liquide/vapeur et un parement intérieur étanche ou perméable ;
- en isolation par l'intérieur (ITI), il est recommandé d'avoir un parement extérieur et un parement intérieur perméables.

PATHOLOGIES LIÉES À L'HUMIDITÉ ET IDENTIFICATION DU RISQUE



- Alvéolisation qui désagrège la brique sur des murs anciens, dans des zones à remontées capillaires.
- Dissolution interne si présence permanente d'eau en excès. La brique prend alors un aspect cartonneux et perd sa résistance mécanique. La dissolution peut également être due à la trop faible capillarité du mortier utilisé, empêchant l'eau de migrer au sein de la paroi.
- Moisissures (noires ou vertes) et salissures (noires), salpêtres (blanches), efflorescences (blanches, granuleuses et sèches), dégâts causés par le gel.
- Risques structurels fonctions de l'humidité présent dans l'air. Une diminution importante de la résistance à la compression des briques peut être observée en cas de saturation.

MÉTHODE ADAPTÉE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ



La mesure de l'humidité de la brique s'effectue avec la bombe au carbure qui donnera une mesure précise de la teneur en eau.

Certains humidimètres à pointe ou de surface, sont calibrés pour la brique. La courbe caractéristique est alors à sélectionner pour la mesure. En revanche, la précision de la mesure avec les humidimètres est plus faible qu'avec la bombe au carbure.

BIBLIOGRAPHIE



CSTB. Guide technique : transferts d'humidité à travers les parois. Septembre 2009, p. 56-59 Faycal El Fgaier. Conception, production et qualification des briques en terre cuite et en terre crue. Autre. Ecole Centrale de Lille, 2013. Français. ffNNT : 2013ECLI0023ff. fftel-01242549f

Brique de terre cuite creuse







TYPE D'EMPLOI / DESCRIPTION

Les briques de terre cuite creuses sont utilisées pour les murs extérieurs porteurs et non-porteurs, murs de refends, cloisons de distribution, doublage de cloisons. La matière première est composée d'argile et de sable, la cuisson est réalisée à 1200 °C environ.



PÉRIODE D'EMPLOI



La brique de terre crue est utilisée depuis le huitième millénaire avant J.C. La cuisson de cette brique est expérimentée en 2500 avant J.C.

Au moyen-âge, la brique de terre cuite est réintroduite en Europe, notamment à Toulouse qui en tirera son surnom de « Ville rose ». En 1813, les premières briques en terre cuite creuses sont utilisées pour la construction de l'arsenal de Toulon.

Elles sont produites de manière industrielle à partir de 1930, puis leur usage décline au profit du béton suite à la seconde guerre mondiale. Les années 1970 permettent au matériau de revenir sur le devant de la scène avec l'émergence de la maison individuelle et de briques plus épaisses à vocation thermique entre autres.

LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE



Présente partout sur le territoire français, ces briques se retrouvent principalement en périphérie de Paris.

ELÉMENTS DE RECONNAISSANCE ET D'IDENTIFICATION



Un percement du mur produisant de la poudre rouge permettra d'éliminer les autres types de maçonneries et de se concentrer sur la famille "brique".

D'aspect extérieur similaire à la brique en terre cuite pleine, la brique en terre cuite creuse se distingue facilement lorsque l'on tapote sur la paroi et que l'on écoute le son produit.

Il existe deux formes de brique creuse :

- Brique monomur, les alvéoles permettent de stocker beaucoup d'air, et d'isoler (Images 1 et 4)
- Brique creuse légère, plus standard, nécessitant une isolation complémentaire (Image 2 et 3)





» Densité : Faible → 400 à 900 kg/m³
 » Porosité : Moyenne → environ 40 %

» A _{Capillarité} : Elevée → environ 0,36 kg/m².s^{0,5}

Comportement au sein de la paroi :

La forte porosité de la brique la rend très capillaire. La capacité de sorption/désorption de l'argile qu'elle contient est très rapide. L'eau de pluie ruisselle peu sur un mur extérieur en brique. L'effet est amoindri avec la brique creuse par rapport à la brique pleine.

La propriété isolante des briques monomurs permettent d'envisager plus facilement une isolation par l'intérieur, en limitant le risque de condensation.



PATHOLOGIES LIÉES À L'HUMIDITÉ ET IDENTIFICATION DU RISQUE

- Alvéolisation qui désagrège la brique sur des murs anciens, dans des zones à remontées capillaires.
- Dissolution interne si présence permanente d'eau en excès. La brique prend alors un aspect cartonneux et perd sa résistance mécanique. La dissolution peut également être due à la trop faible capillarité du mortier utilisé, empêchant l'eau de migrer au sein de la paroi.
- Moisissures (noires ou vertes) et salissures (noires), salpêtres (blanches), efflorescences (blanches, granuleuses et sèches), dégâts causés par le gel.
- Risques structurels fonctions de l'humidité présent dans l'air. Une diminution importante de la résistance à la compression des briques peut être observée en cas de saturation.



MÉTHODE ADAPTÉE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ

La mesure de l'humidité de la brique s'effectue avec la bombe au carbure qui donnera une mesure précise de la teneur en eau.

Certains humidimètres à pointe ou de surface, sont calibrés pour la brique. La courbe caractéristique est alors à sélectionner pour la mesure. En revanche, la précision de la mesure avec les humidimètres est plus faible qu'avec la bombe au carbure.



BIBLIOGRAPHIE

CSTB. Guide technique: transferts d'humidité à travers les parois. Septembre 2009, p. 56-59 UVED (Université Virtuelle Environnement et Développement Durable). Eco-construction d'un bâtiment à énergie positive. La brique en terre cuite. Yves Ardourel, Estelle Bretagne, Jean-Michel Decuq, Smail Khainnar, Patrizia Laudati, Manuel Mesquita, Martine Rey, Michel Reznikoff



Les parpaings pleins sont des blocs de béton, très solides. Ils peuvent être utilisés pour des murs porteurs, de façade et de soutènement, mais également pour les constructions de soubassement et de sous-sol.



PÉRIODE D'EMPLOI



Les premiers blocs béton préfabriqués sont apparus à la fin du XIXème siècle. L'utilisation des blocs béton a été très importante lors des reconstructions d'après guerre, et tout au long des Trente Glorieuses.

Les performances énergétiques et environnementales étant maintenant prioritaires, les blocs béton sont de moins en moins utilisés.

LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE

Le béton est le matériau le plus utilisé en France pour le gros œuvre, il y a donc des parpaings partout en France.



ELÉMENTS DE RECONNAISSANCE ET D'IDENTIFICATION



Les blocs de béton sont reconnaissables par leur couleur grise et leur aspect poreux (Voir les images).

De la poussière grise est fine apparaît lors d'un perçage dans un mur en parpaing. Pour différencier un parpaing plein et d'un parpaing creux, il suffit de tapoter dessus : le son d'un mur creux est caractéristique.

Les adjuvants sont souvent d'ordre technique (pour retarder le séchage du béton par exemple), il est rare de trouver du béton coloré via des pigments.





» Densité : Elevée → 1800 à 2300 kg/m³

» Porosité : Faible → 15% à 20%

- » Résistance à la diffusion de vapeur (μ) : Moyenne → 130 (sec) à 80 (humide)
- » L'humidité en équilibre hygrothermique se situe entre 1% et 3%
- » A _{Capillarité} : Faible → environ 1 kg/m².h^{-1/2}

Comportement au sein de la paroi :

Le béton présente des propriétés hygrothermiques spécifiques : très peu capillaire et fermé à la diffusion de vapeur d'eau. Puisque la migration de l'eau à l'état liquide ou gazeux est limitée, une mauvaise interaction avec l'isolation peut créer de la rétention d'eau sous forme vapeur et sous certaines conditions (ITI) amener à des phénomènes de condensation internes à la paroi.

PATHOLOGIES LIÉES À L'HUMIDITÉ ET IDENTIFICATION DU RISQUE



- Le ruissellement de l'eau sur une paroi en béton dissout le ciment, mettant à nu les granulats et donnant un aspect superficiel dégradé avec des coulures blanchâtres.
- Dégâts structurels causés par le gel de l'eau pouvant être imprégné dans le béton.

MÉTHODE ADAPTÉE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ



La mesure de l'humidité du parpaing s'effectue avec la bombe au carbure qui donnera une mesure précise de la teneur en eau.

Des humidimètres sont également spécialement conçus pour la mesure de la teneur en eau du béton. Enfin, certains humidimètres à pointe ou de surface, sont calibrés pour le béton. La courbe caractéristique est alors à sélectionner pour la mesure. En revanche, la précision de la mesure avec les humidimètres est plus faible qu'avec la bombe au carbure.

BIBLIOGRAPHIE



CSTB. Guide technique : transferts d'humidité à travers les parois. Septembre 2009, p. 56-59 Tout sur le béton. Comment bien choisir un parpaing : préparation de chantier. Publié le 18/10/2019. Pour aller plus loin, toutes les sources sont disponibles dans le livrable SMART RENO.



PÉRIODE D'EMPLOI

isolants. Ce sont les blocs les plus utilisés dans la construction. Ils peuvent être utilisés pour des murs de

façade, de refend ou pour des cloisons.



Les premiers blocs béton préfabriqués sont apparus à la fin du XIXème siècle. L'utilisation des blocs béton a été très importante lors des reconstructions d'après guerre, et tout au long des Trente Glorieuses.

Les performances énergétiques et environnementales étant maintenant prioritaires, les blocs béton sont de moins en moins utilisés.

LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE



Le béton est le matériau le plus utilisé en France pour le gros œuvre, il y a donc des parpaings partout en France.

ELÉMENTS DE RECONNAISSANCE ET D'IDENTIFICATION



Les blocs de béton sont reconnaissables par leur couleur grise et leur aspect poreux (Voir les images). Les parpaings creux sont troués et donc plus légers que les parpaings pleins.

De la poussière grise est fine apparaît lors d'un perçage dans un mur en parpaing. Pour différencier un parpaing plein et d'un parpaing creux, il suffit de tapoter dessus : le son d'un mur creux est caractéristique.

Lors du percement, la différence de résistance lorsqu'on arrive dans la cavité est perceptible.





- » Densité: Moyenne à élevée → 1200 à 1900 kg/m³
- » Porosité : Moyenne 🗲 environ 43 %
- » Résistance à la diffusion de vapeur (μ): Moyenne \rightarrow 100 (sec) à 60 (humide)
- » A _{Capillarité} : Faible → environ 1 kg/m².h^{-1/2}

Comportement au sein de la paroi

Le béton présente des propriétés hygrothermiques spécifiques : très peu capillaire et fermé à la diffusion de vapeur d'eau. Puisque la migration de l'eau à l'état liquide ou gazeux est limitée, une mauvaise interaction avec l'isolation peut augmenter sa teneur en eau et provoquer son pourrissement.

Le béton va donc bloquer la vapeur d'eau dans la paroi. Si de la vapeur d'eau se trouve entre le parevapeur intérieur et le voile béton, il y a des chances que, années après années, elle se condense et dégrade la paroi. Une bonne solution pour résoudre ce problème est la pose d'un pare-vapeur hygrovariable.

PATHOLOGIES LIÉES À L'HUMIDITÉ ET IDENTIFICATION DU RISQUE



- Le ruissellement de l'eau sur une paroi en béton dissout le ciment, mettant à nu les granulats et donnant un aspect superficiel dégradé avec des coulures blanchâtres.
- Dégâts structurels causés par le gel de l'eau pouvant être imprégné dans le béton.

MÉTHODE ADAPTÉE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ



La mesure de l'humidité du parpaing s'effectue avec la bombe au carbure qui donnera une mesure précise de la teneur en eau.

Des humidimètres sont également spécialement conçus pour la mesure de la teneur en eau du béton. Enfin, certains humidimètres à pointe ou de surface, sont calibrés pour le béton. La courbe caractéristique est alors à sélectionner pour la mesure. En revanche, la précision de la mesure avec les humidimètres est plus faible qu'avec la bombe au carbure.

BIBLIOGRAPHIE



CSTB. Guide technique : transferts d'humidité à travers les parois. Septembre 2009, p. 56-59 Tout sur le béton. Comment bien choisir un parpaing : préparation de chantier. Publié le 18/10/2019. Pour aller plus loin, toutes les sources sont disponibles dans le livrable SMART RENO.

Béton cellulaire

Transformés – Blocs de maçonnerie

TYPE D'EMPLOI / DESCRIPTION

Le béton cellulaire est destiné au gros œuvre. Il est composé de ciment, de sable, d'eau, de chaux, et de poudre d'aluminium pour lui donner ses propriétés aérées. Il est utilisé principalement sous forme de blocs pour les parois verticales portantes ou non, linteaux, cloisons ou plafonds.







PÉRIODE D'EMPLOI



Le procédé du béton autoclavé fut breveté en 1880. Ce n'est qu'en 1889 que certaines avancées techniques (l'émulsification des mortiers par de l'acide sulfurique), suivies par d'autres en 1914 (utilisation de poudre d'aluminium ou de zinc), permettent au procédé actuel du béton cellulaire de voir le jour.

Il est couramment utilisé dans la construction depuis 1930. Au début des années 1960, le besoin se fait ressentir d'avoir des produits légers et isolants pour les parois verticales, la production de béton cellulaire s'est donc accélérée.

LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE



Le béton cellulaire est utilisé sur l'ensemble du territoire français, avec une plus forte utilisation dans les régions du nord, du centre-est et du sud-ouest.

ELÉMENTS DE RECONNAISSANCE ET D'IDENTIFICATION



Lors d'un percement à la surface du béton cellulaire, une poussière blanche, un peu collante, avec des grains grossiers, en sort.

Le béton cellulaire est reconnaissable par son aspect très poreux (beaucoup de petits trous) et est plus clair que les autres bétons. Il est utilisé le plus souvent sous forme de blocs (Images 1 et 4).

Grace à son procédé de fabrication, il peut prendre différentes formes : arcs (Images 2 et 3), pyramides, disques, angles...





» Densité : Faible → 400 à 800 kg/m³
 » Porosité : Elevée → environ 80 %

» Résistance à la diffusion de vapeur (μ) : Faible \rightarrow 5 à 7

» W₈₀ Hygroscopicité : Moyenne → 5 à 8 kg/m³

» A $_{\text{Capillarit\'e}}$: Elevée \rightarrow 5 à 8 kg/m².h^{-1/2}

» L'humidité en équilibre hygrothermique se situe entre 2 % et 4 %

Comportement au sein de la paroi

Le béton cellulaire est un matériau unique dans le sens où il est très capillaire (l'eau évolue rapidement dans la structure poreuse) mais peu hygroscopique. Au contraire, les autres matériaux capillaires (laine de bois, enduit de chaux hydraulique...) sont aussi hygroscopiques.

Avec l'enduit extérieur, si celui-ci est trop rigide, il existe un risque de fissuration du fait d'un choc thermique trop important entre le bloc de maçonnerie disposant de propriétés thermiques intéressantes et l'enduit. Il se marie donc peu avec les enduits ciments.

PATHOLOGIES LIÉES À L'HUMIDITÉ ET IDENTIFICATION DU RISQUE



Le béton cellulaire est un matériau qui ne se dégrade pas au contact de l'humidité.

La dégradation aura lieu principalement au niveau des matériaux en contact.

MÉTHODE ADAPTÉE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ



La mesure de l'humidité du béton cellulaire s'effectue avec la bombe au carbure qui donnera une mesure précise de la teneur en eau.

Des humidimètres sont également spécialement conçus pour la mesure de la teneur en eau du béton. Enfin, certains humidimètres à pointe ou de surface, sont calibrés pour le béton cellulaire. La courbe caractéristique est alors à sélectionner pour la mesure. En revanche, la précision de la mesure avec les humidimètres est plus faible qu'avec la bombe au carbure.

BIBLIOGRAPHIE

Overmeire, Albert Ingelaere.



CSTB. Guide technique : transferts d'humidité à travers les parois. Septembre 2009, p. 56-59 FeBeCel. Le Béton Cellulaire : Matériau d'avenir. Jos Cox, Jacques Siaire, Pascal Meulders, Elly Van









TYPE D'EMPLOI / DESCRIPTION

Le béton armé est composé de béton et de barres d'acier afin d'allier les propriétés mécaniques complémentaires de ces deux matériaux. Il est utilisé pour tout type d'ouvrage (maisons individuelles, immeubles, ponts, plateformes pétrolières, centrales nucléaires, barrages, etc.).

Transformés – Béton



PÉRIODE D'EMPLOI



Les Romains maîtrisaient la fabrication du béton à l'Antiquité, mais il faut attendre le XIXème siècle pour que ses propriétés mécaniques s'améliorent. Au Moyen-Âge, son grand concurrent, le bois, est davantage employé. Le ciment Portland artificiel est breveté en 1824 et les premières constructions datent de 1830.

Le béton armé apparaît en 1850, il permet de compenser la faible résistance à la traction du béton en transmettant ces efforts à l'acier. De nouvelles formules apparaissent à la fin des années 1980 (béton autoplaçant, béton fibré à hautes performances, etc.)

Le béton est devenu le matériau de gros œuvre le plus utilisé après la seconde guerre mondiale, il a en effet permis de reconstruire rapidement et à bas coût tous les bâtiments détruits pendant la guerre. Il est encore aujourd'hui le plus utilisé.

LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE



Sur l'intégralité du territoire métropolitain c'est le matériau le plus utilisé pour le gros œuvre en construction.

Pour les maisons individuelles, le béton sous forme de parpaing est plus utilisé car moins coûteux à petite échelle.

ELÉMENTS DE RECONNAISSANCE ET D'IDENTIFICATION



Une fois mis en place, le béton armé est semblable au béton standard. Il est très souvent de couleur grise (Images 1 et 4), mais il peut exister des bétons de toutes les couleurs (via les adjuvants).

S'il est possible de forer la paroi, un béton présentera une poussière fine de couleur blanche ou grise qui ruisselle (**Image 2**). C'est un matériau qui est difficile à percer puisque très dense.





» Densité : Elevée → 2500 kg/m³
 » Porosité : Faible → 15 % maximum

» Résistance à la diffusion de vapeur (μ) : Elevée → environ 130

» W₈₀ Hygroscopicité : Elevée → environ 85 kg/m³

» A _{Capillarité} : Faible \rightarrow 1 kg/m².h^{-1/2}

» L'humidité en équilibre hygrothermique se situe entre 2 % et 3 %

Comportement au sein de la paroi

Le béton présente des propriétés hygrothermiques spécifiques : hygroscopique, très peu capillaire et fermé à la vapeur d'eau. Puisque la migration de l'eau à l'état liquide ou gazeux est limitée, une mauvaise interaction avec l'isolation peut augmenter la teneur en eau de l'isolant et provoquer son pourrissement.

Le béton va donc bloquer la vapeur d'eau dans la paroi. Si l'isolation est placée côté intérieur du voile, il y a des chances pour qu'elle condense au contact du matériau très conducteur donc froid et dégrade la paroi. La solution est souvent de placer un pare-vapeur côté intérieur de l'isolation.



PATHOLOGIES LIÉES À L'HUMIDITÉ ET IDENTIFICATION DU RISQUE

- Gonflement interne si l'humidité relative ambiante est trop élevée (>85%), que le béton présente des quantités suffisantes de granulats réactifs (silice amorphe ou incomplètement cristallisée) et d'alcalins (sodium ou potassium) élevés. On parle ici d'alcali-réaction.
- Eclatement et écaillage du béton si déplacement de l'eau dans les porosités du béton du fait de gel/dégel et humidification/séchage répétés.
- Corrosion des armatures si présence d'eau et d'oxygène. La mise en œuvre du béton armé est essentielle pour éviter cette pathologie. Une humidité de l'air entre 55 % et 75 % va favoriser la carbonatation des armatures.



MÉTHODE ADAPTÉE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ

La mesure de l'humidité du béton armé s'effectue avec la bombe au carbure qui donnera une mesure précise de la teneur en eau du béton.

L'utilisation de l'humidimètre de surface est ici à proscrire puisque les ondes électromagnétiques générées vont fortement réagir avec l'armature en acier, et la donnée mesurée sera erronée.



BIBLIOGRAPHIE

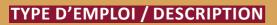
CSTB. Guide technique : transferts d'humidité à travers les parois. Septembre 2009, p. 56-59 Compagnie des experts du bâtiment des travaux publics et de l'industrie. La pathologie du béton (support de formation). Publié le 07/10/2016.











Le mâchefer est un type de béton. Il est composé de chaux ou ciment, sable, pouzzolane et de matériaux issus de la combustion du charbon et/ou de métaux issus des industries sidérurgiques. Ce béton est essentiellement utilisé en paroi de bâtiment.



PÉRIODE D'EMPLOI



Béton peu coûteux à mettre en œuvre, il fut employé à partir du milieu du XIXème siècle, et ce, jusqu'à la période de la reconstruction après la Seconde Guerre Mondiale.

Durant l'industrialisation, il s'est en quelque sorte substitué au banchage de la terre. Dans certaines régions on le nomme d'ailleurs pisé de mâchefer.

Aujourd'hui, ce matériau n'est plus utilisé parce que les usines en charbon ont disparu en France et que l'industrie sidérurgique ne produit plus assez de déchet. Le béton classique (armé ou non) l'a remplacé.

LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE



Les constructions de mâchefer se sont développées autour des industries sidérurgiques et minières produisant de grandes quantités de résidus de combustion de houille (Saint-Etienne, Nord de la France, Département de la Loire, etc.);

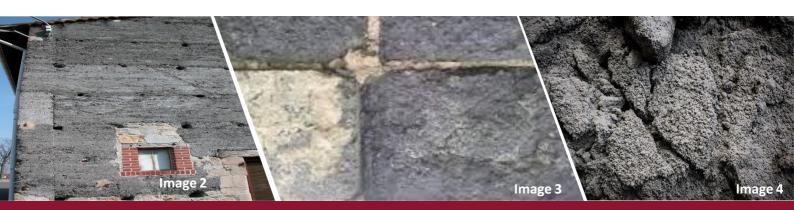
ELÉMENTS DE RECONNAISSANCE ET D'IDENTIFICATION



Reconnaissance visuelle à sa teinte grise assez foncée, variable par rapport au taux de mâchefer présent (Images 1 et 4).

Des banches de plus ou moins 60 cm d'épaisseur se distinguent s'il s'agit d'un banchage (Image 2).

Sinon, il s'agit de bloc d'aggloméré de béton de mâchefer (Image 3).







Densité : Moyenne → 700 à 900 kg/m³

» Porosité : Moyenne à élevée → 30 % à 55 %

» Résistance à la diffusion de vapeur (μ): Moyenne \rightarrow environ 150

Comportement au sein de la paroi

Hygroscopique, le béton de mâchefer aura un rôle d'inertie hydrique au sein d'une paroi en absorbant l'humidité ambiante et celle venant des sols et remontant par capillarité.

Lorsque c'est possible, le béton mâchefer, comme toute maçonnerie lourde, est à privilégier avec une ITE pour éviter tout point de rosée au sein de la paroi. De plus, le béton de mâchefer se dilate et se rétracte sous l'effet des variations de la température et de l'humidité.

PATHOLOGIES LIÉES À L'HUMIDITÉ ET IDENTIFICATION DU RISQUE



La porosité du matériau le rend particulièrement sensible à l'humidité :

- Problèmes sanitaires (salpêtres)
- Fissures avec les variations de la teneur en eau
- Désordre esthétique (salissures sur les façades, effritement des crépis)
- Condensation et pathologies microbiennes liées si revêtement fermé à la vapeur d'eau en partie extérieure (enduit ciment)

MÉTHODE ADAPTÉE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ



La mesure de l'humidité du béton de mâchefer s'effectue avec la bombe au carbure qui donnera une mesure précise de la teneur en eau.

Des humidimètres sont également spécialement conçus pour la mesure de la teneur en eau du béton.

Enfin, certains humidimètres à pointe ou de surface, sont calibrés pour le béton de mâchefer. La courbe caractéristique est alors à sélectionner pour la mesure. En revanche, la précision de la mesure avec les humidimètres est plus faible qu'avec la bombe au carbure.

BIBLIOGRAPHIE



Agence Qualité Construction. Corrosion des armatures du béton armé en façades des bâtiments - 6ème édition. Publié en juillet 2019.

Agence Qualité Construction. Pathologies accidentelles des façades en béton. Publié en février 2011.

Isolants synthétiques







TYPE D'EMPLOI / DESCRIPTION

Il s'agit principalement du polystyrène et du polyuréthane. Ils sont peu coûteux et très performants mais avec un faible déphasage thermique (peu recommandé dans les combles). Ils ne craignent pas l'humidité et peuvent être utilisés pour l'isolation extérieure. Ils ont également une bonne résistance à la compression et peuvent être utilisés pour l'isolation sous dalle.



PÉRIODE D'EMPLOI



En 1974, la première loi imposant l'isolation thermique des bâtiments neufs est votée. Issue de la pétrochimie, ce sont des matériaux nouveaux à l'échelle de l'humanité.

Leur utilisation est donc florissante depuis les années 80 jusqu'à nos jours.

LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE



Produit de façon industrielle et issu du pétrole, ce matériaux est présent dans tout l'hexagone depuis quelques dizaines d'années.

ELÉMENTS DE RECONNAISSANCE ET D'IDENTIFICATION



Si l'isolant n'est pas fibreux, il peut s'agir d'un isolant synthétique. Ils ont souvent un aspect « mousse » et sont peu durs. Il est souvent possible de le perforer à la main. Ils peuvent être de différentes couleurs, majoritairement blanc ou noir (graphités) (Image 1 et 2).

Ces isolants sont sous la forme de panneaux rigides (Image 2), de billes soufflées ou de mousse projetée (Image 4).

Si en grattant un peu sur l'isolant, des alvéoles (petites billes) s'en détachent, il s'agit d'un isolant synthétique.





» Densité : Très faible → 20 à 100 kg/m³

» Porosité : Très élevée → 90 % à 99 %

» Résistance à la diffusion de vapeur (μ) : Faible à Moyen → 20 à 100

» W₈₀ Hygroscopicité : Moyenne à élevée → 1,12 à 20 kg/m³

» A Capillarité : Très faible \rightarrow < 0,01 kg/m².h^{-1/2}

Comportement au sein de la paroi

C'est le type d'isolant le plus fermé à la diffusion de vapeur d'eau.

Dans un mur ancien, dans lequel les matériaux garantissent la plupart du temps la libre circulation de la vapeur, ils sont à proscrire, car ont tendance à bloquer la vapeur d'eau. Celle-ci sera susceptible de s'accumuler à l'interface entre mur et isolant et risque de dégrader la paroi.

Ce sont des matériaux imputrescibles, qui ne pourrissent pas au contact de l'eau et ne craignent pas l'humidité.



PATHOLOGIES LIÉES À L'HUMIDITÉ ET IDENTIFICATION DU RISQUE

- L'humidité a moins d'influence sur les propriétés thermophysiques des isolants synthétiques par rapport aux isolants biosourcés.
- Les parois souffriront tout de même de pathologies liées à l'humidité si une mauvaise mise en œuvre de l'isolant est faite ou si une solution d'isolation inadaptée est choisie (pas de prise en compte des remontées capillaires, pas de possibilité de séchage de la paroi vers l'intérieur ou l'extérieur, pas de protection de la paroi contre la pluie).



MÉTHODE ADAPTÉE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ

La teneur en humidité des isolants synthétiques peut être mesurée à partir d'un humidimètre à pointe ou un humidimètre capacitif. Il faut veiller cependant à ce que les appareils soient calibrés pour ce type de matériau pour obtenir une teneur en eau précise. Des courbes de calibration peuvent être réalisées et insérées dans les humidimètres pour obtenir une mesure précise de la teneur en humidité.



BIBLIOGRAPHIE

Terre Vivante. L'isolation thermique écologique. Conception, matériaux, mise en œuvre - Neuf et réhabilitation. Jean Pierre Olivia - Samuel Courgey. Nombre de page : 256. Date de parution : 22/03/2010. Pour aller plus loin, toutes les sources sont disponibles dans le livrable SMART RENO.

Isolants minéraux

Transformés - Isolants







Il s'agit principalement de laine de roche et de laine de verrel lls ont un bon rapport performance / prix et une bonne résistance au feu. Ce sont les isolants les plus utilisés en France : plus de 70% des foyers français en sont équipés. Ils sont utilisés pour tout usage (toitures, murs, planchers, cloisons) mais possèdent un faible déphasage thermique et sont donc limités dans les combles.



PÉRIODE D'EMPLOI

Plus de 70% du parc immobilier français est équipé de laine de verre/roche.

Leur utilisation s'est démocratisée en France dès l'adoption de la première loi imposant l'isolation thermique des bâtiments en 1974.

LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE

La matière première (roche ou sable et verre recyclé) est actuellement disponible en grande quantité. L'utilisation de ces isolants est donc généralisée dans tout l'hexagone.

ELÉMENTS DE RECONNAISSANCE ET D'IDENTIFICATION

Si l'isolant est fibreux, il peut s'agir d'un isolant minéral.

S'il est gris ou gris-vert, c'est de la laine de roche (Image 2). S'il est jaune / marron, il s'agit plutôt d'une laine de verre (Image 3). Certains fabricants teintent aujourd'hui la laine de verre (en blanc, en vert, etc.). Si l'isolant est noir, il s'agit de verre cellulaire.

Ces laines sont souvent reconnaissables au toucher par une sensation d'irritation qui peut paraître désagréable (le port de gant est souvent conseillé).

Ces isolants peuvent prendre diverses formes : rouleaux, panneaux rigides (Image 1) pour répondre aux exigences de certaines applications (forte résistance mécanique), coquilles (calorifugeage) et flocons (épandage mécanique ou manuel). Il existe d'autres isolants minéraux moins répandus : le verre expansé, la perlite expansée, la vermiculite expansée, l'argile expansée, la pierre ponce et la pouzzolane. Pour la plupart, ils sont très durs et légers, utilisés souvent pour leur forte résistance à la compression sous dalle ou en support d'étanchéité en toiture accessible (Image 4).









Densité : Très faible à élevée → 10 à 200 kg/m³

» Porosité : Elevée à très élevée → 85 % à 99 %

» Résistance à la diffusion de vapeur : Très faible → 1 à 6 (sauf pour le verre cellulaire)

W₈₀ Hygroscopicité: Faible → 0,02 à 2 kg/m³
 A Capillarité: Très faible → < 0,01 kg/m².h-¹/²

Comportement au sein de la paroi

Les isolant minéraux ne sont pas hygroscopiques, ils n'absorbent pas l'humidité. Cette caractéristique favorise le séchage rapide de l'isolant mais peut s'avérer problématique en cas d'accumulation de vapeur d'eau au sein de la paroi.

Le fait qu'ils soient très ouverts à la diffusion de vapeur est plutôt favorable pour favoriser l'assèchement des parois. En revanche, pour éviter l'accumulation d'eau côté extérieur de l'isolant, un pare-vapeur est souvent nécessaire. Un pare-vapeur Kraft est d'ailleurs parfois intégré au produit.

PATHOLOGIES LIÉES À L'HUMIDITÉ ET IDENTIFICATION DU RISQUE



- Dégradation des propriétés des matériaux isolants si dépassement des valeurs-seuils d'humidité, et tassement de l'isolant. Les isolants minéraux ouverts à la vapeur d'eau présentent des valeurs-seuils plus bas que les isolants fibreux biosourcés. Il serait logique de penser qu'ils présentent des risques de dégradation plus rapides, mais puisqu'ils sont moins capillaires et moins hygroscopiques que leurs homologues biosourcés, les valeurs-seuils sont rarement dépassées et la dégradation thermique du fait de l'humidité n'est pas automatique.
- Risque d'apparition de moisissures lorsque de l'humidité en surface est présente.

MÉTHODE ADAPTÉE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ



La teneur en humidité des isolants minéraux peut être mesurée à partir d'un humidimètre à sonde. Ces humidimètres sont adaptés pour des matériaux peu denses, dans lesquels une sonde peut être introduite. Des courbes de calibration peuvent être réalisées et insérées dans les humidimètres à sonde pour obtenir une mesure précise de la teneur en humidité.

BIBLIOGRAPHIE



Terre Vivante. L'isolation thermique écologique. Conception, matériaux, mise en œuvre - Neuf et réhabilitation. Jean Pierre Olivia - Samuel Courgey. Nombre de page : 256. Date de parution : 22/03/2010. Pour aller plus loin, toutes les sources sont disponibles dans le livrable SMART RENO.



TYPE D'EMPLOI / DESCRIPTION

Les isolants biosourcés concernent la laine de bois, de chanvre, de lin, de coton, de mouton, la paille ou le liège. Il y a aussi des isolants recyclés tels que la ouate de cellulose (papiers recyclé) ou le textile recyclé.



PÉRIODE D'EMPLOI



Depuis la naissance de l'Homme, les matériaux d'origine naturelle tels que le bois ou la paille sont utilisés. Cependant, ces matériaux ont été remplacés par des matériaux aux propriétés plus intéressantes. Par exemple, la paille de construction a été remplacée dès le néolithique par de la pierre de taille, puis par le béton au XXème siècle.

Les isolants biosourcés regagnent un intérêt aujourd'hui grâce à la matière première renouvelable et à leur recyclabilité. Leur utilisation a explosé sur les 20 dernières années.





Grâce à l'industrialisation des produits de construction, les particularités géographiques sont rares et la plupart des matériaux actuels se retrouvent sur l'ensemble du territoire, à l'instar des isolants biosourcés, massivement développés durant les 20 dernières années.

Le chaume, technique historique (matériau de couverture constitué de paille de blé, de paille de seigle ou de tige de roseau), se trouve principalement en Normandie et en Bretagne.

ELÉMENTS DE RECONNAISSANCE ET D'IDENTIFICATION



Les isolant biosourcés sont reconnaissables à leurs aspects fibreux. L'aspect diffère selon la fibre employée mais la fibre est facilement reconnaissable (herbe séchée, paille, coton, etc.) (Image 3).

La laine de bois et la fibre de bois ont un aspect « feutré » souvent de couleur brune (couleur bois) (Image 2). La ouate de cellulose (Image 4) est faite à partir de papier recyclé et déchiqueté qui est facilement décelable.

Ces isolants peuvent prendre diverses formes : rouleaux, panneaux rigides (forte résistance mécanique (**Image** 1)) et flocons (épandage mécanique ou manuel).







- Densité: Très faible à moyenne > 13 à 300 kg/m³ (panneaux rigides)
- » Porosité : Forte à très élevée → 85 % à 99 %
- » Résistance à la diffusion de vapeur : Très faible → 1 à 5 (sauf pour le liège)
- » W₈₀ Hygroscopicité : Très forte → 7 à 20 kg/m³
- » A _{Capillarité}: Faible à élevée → 0,5 kg/m².h^{-1/2} (laine de bois) à 18 kg/m².h^{-1/2} (ouate de cellulose)

Comportement au sein de la paroi

Les isolants biosourcés sont fortement hygroscopiques. Ils participent donc à la régulation de l'humidité au sein de la paroi voire du bâti (à condition qu'ils soient au contact du climat intérieur).

Ainsi, les isolants biosourcés permettent une répartition de la vapeur d'eau au sein de toute la paroi et limiter les phénomènes de condensation.

En revanche, ils sont très sensibles aux forts taux d'humidité. Un isolant biosourcé trop humide sera un substrat idéal pour le développement de moisissures et verra ses performances thermiques diminuer.

La laine de chanvre 100% naturelle, la laine de mouton et le liège (expansé ou non) sont des matériaux biosourcés résistant à l'humidité car imputrescibles.



PATHOLOGIES LIÉES À L'HUMIDITÉ ET IDENTIFICATION DU RISQUE

Dégradation des propriétés des matériaux isolants si dépassement des valeurs-seuils d'humidité, et tassement de l'isolant. Les isolants fibreux biosourcés subissent une augmentation de leur conductivité thermique au fil des changements de cycle d'humidification et de séchage.

Une humidité trop importante ou une condensation dans un matériau biosourcé peut entrainer la création de moisissures qui vont se nourrir des fibres présentes et ainsi dégrader les propriétés mécaniques et isolantes des matériaux. Des insectes vont aussi attaquer les matériaux biosourcés si l'humidité est en excès.

Les défauts de mise en œuvre récurrents des matériaux biosourcés sont :

- le contact avec le sol (remontée capillaire)
- pas de protection en phase chantier (au cours du stockage ou lors de la mise en œuvre)
- mise en œuvre des matériaux avec des teneurs en eau trop importantes
- séchage insuffisant des supports
- non utilisation de membrane pare-vapeur



MÉTHODE ADAPTÉE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ

La teneur en humidité des isolants biosourcés peut être mesurée à partir d'un humidimètre à sonde. Ces humidimètres sont adaptés pour des matériaux peu denses, dans lesquels une sonde peut être introduite. Des courbes de calibration peuvent être réalisées et insérées dans les humidimètres à sonde pour obtenir une mesure précise de la teneur en humidité.



BIBLIOGRAPHIE

Terre Vivante. L'isolation thermique écologique. Conception, matériaux, mise en œuvre - Neuf et réhabilitation. Jean Pierre Olivia - Samuel Courgey. Nombre de page : 256. Date de parution : 22/03/2010. Pour aller plus loin, toutes les sources sont disponibles dans le livrable SMART RENO.