

Présentation du contexte des ITE Paille

- Détour historique
- Actualités paille
- Etats des lieux (secteur du bâti, ressource, cadre réglementaire & normatif)
- Pourquoi des règles professionnelles ITE paille ?
- Appel à se manifester : projet paille en ITE
- Grands principes de l'ITE

Benoît DUFRAICHE

coordinateur de la filière construction paille en Bretagne et Pays-de-la-Loire



Détour historique

1850

Les origines

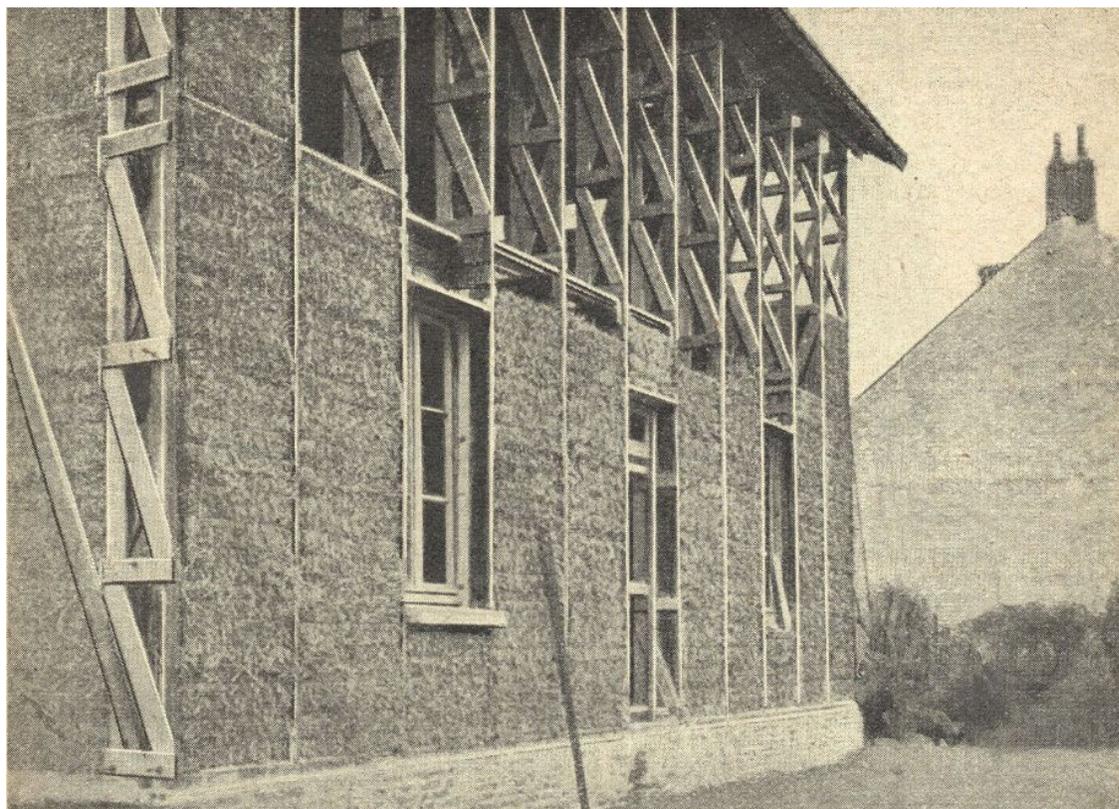


La maison Mc Greath au nord de Thedford (Nebraska) > voir l'article Topophile >[ICI](#)<

Détour historique

1920

Maison Feuillette



Détour historique

2006

Le RFCP

Le Réseau Français de la Construction Paille (RFCP), est la structure nationale de référence. Elle a pour mission de :

- Fédérer les acteurs et créer du lien,
- Promouvoir l'usage du matériau paille dans la construction,
- Mettre en œuvre les moyens de garantir la qualité de la filière.

Site internet :

<https://www.rfcp.fr>

A ce jour :

- Plus de **800** adhérents nationaux
- Plus de **10 000** bâtiments en paille en France.
- Plus de **500** nouvelles constructions chaque année

Typologies :

Logements collectifs et individuels, scolaires, tertiaire, industriel, etc.



Détour historique

2012

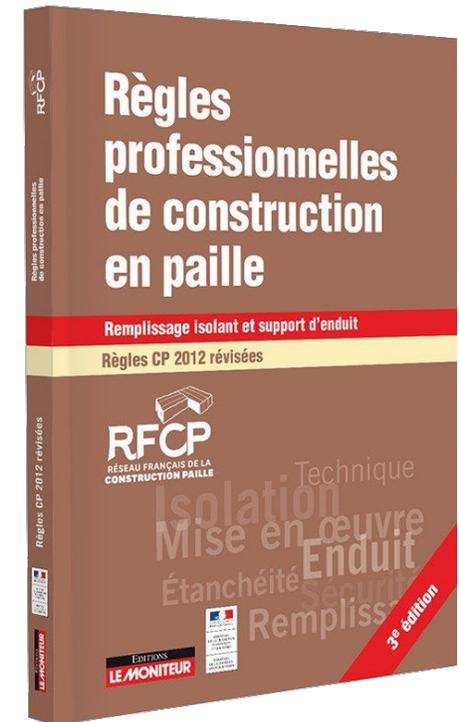
Les règles Professionnelles

Acceptées par la Commission Prévention Produit (C2P), les Règles Professionnelles de construction en paille constituent le socle réglementaire reconnu. La construction paille telle qu'elle y est décrite fait partie des techniques courantes de construction, au même titre que les DTU.

Procurez-vous les Règles CP2012 >[ICI](#)<

Un nouvel ouvrage couvrant la mise en œuvre de l'**ITE paille** (isolation thermique par l'extérieur) est actuellement en cours de rédaction par le RFCP.

De nombreux documents pratiques sont proposés en annexe : cahier des charges, bordereaux, procédures et fiches de contrôle qualité, méthodes de calcul, cartes des conditions climatiques, etc.



Détour historique

2015

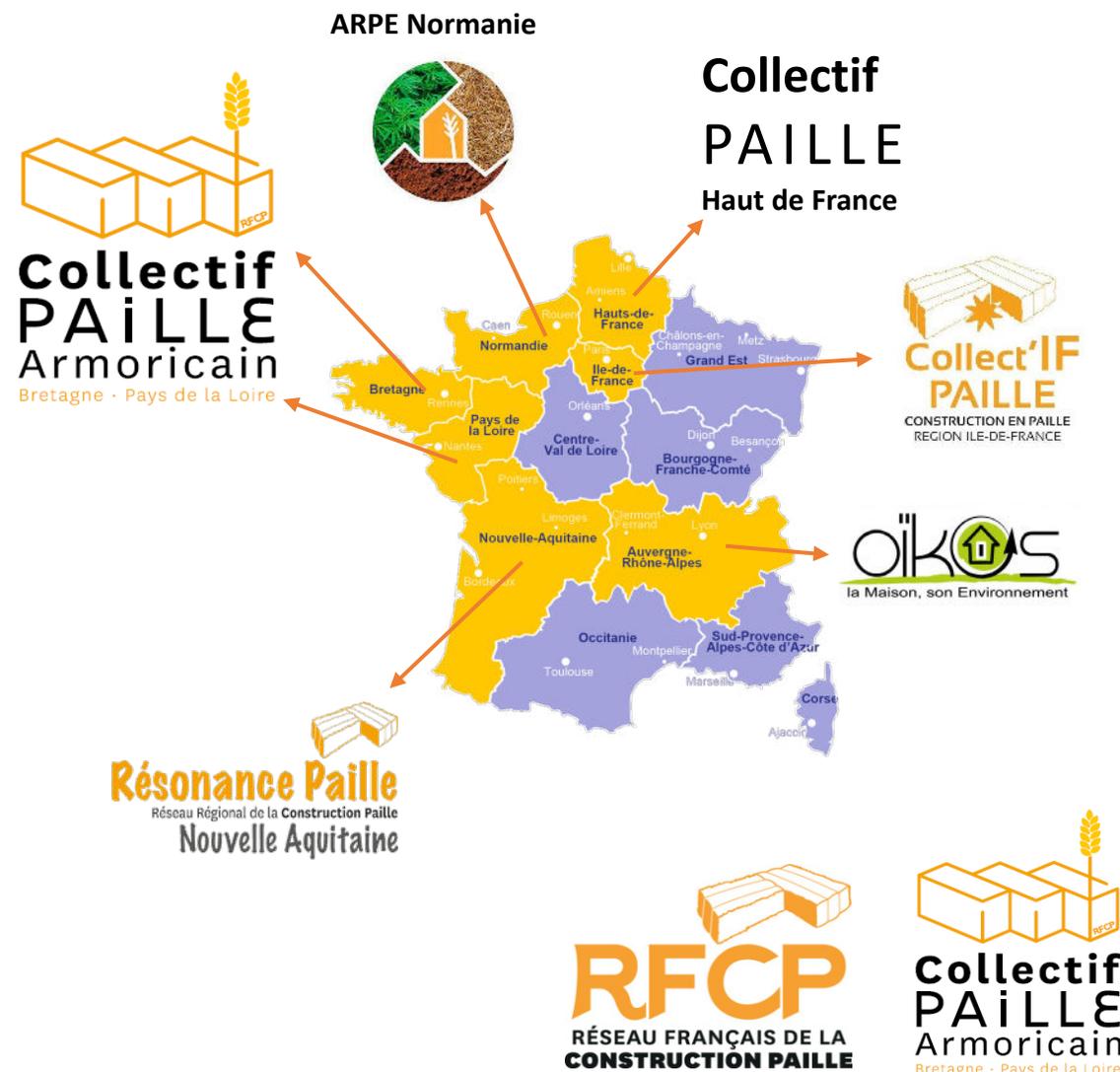
Le Collectif Paille Armoricaïn

Représentant régional du **RFCP** sur les régions Bretagne et Pays de la Loire.

Objet :

« Le développement de l'usage du matériau paille dans la construction sur le territoire du grand Ouest. L'association met en œuvre tous les moyens possibles pour atteindre cet objectif, dans le respect de l'Homme, de l'écologie et des principes de l'économie sociale et solidaire ».

+ de **150** adhérents au CPA, soit la plus grosse représentation en région.



Actualités paille

Soutien de l'Ademe

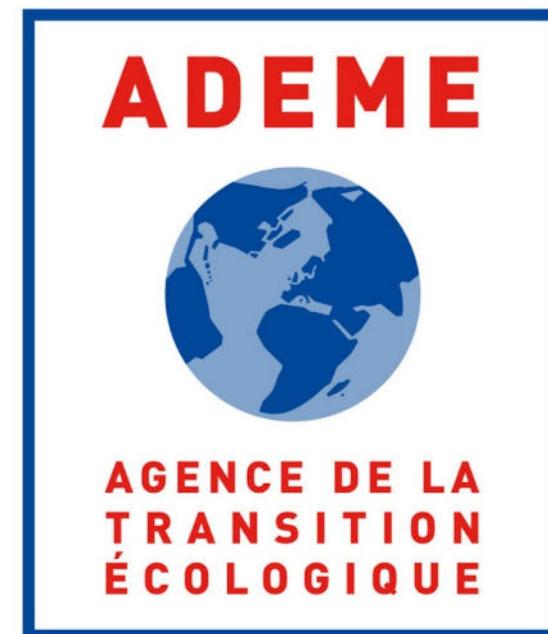
L'ADEME a validé récemment une demande de subvention portant sur 3 actions :

- **Règles Pro ITE** : élargir le cadre normatif et assurantiel de l'usage de la botte de paille dans le bâtiment en rédigeant des Règles professionnelles de l'ITE paille,
- **Site web** : créer un portail unique pour la filière paille en offrant plus de service et en créant des parcours utilisateurs limpides et adaptés aux besoins des maîtres d'ouvrages, des entreprises et des jeunes en formation ou en recherche d'emploi,
- **Formation** : améliorer et élargir l'accès à la formation professionnelle par la création de formations ciblées par corps de métier.

Au total, le budget est de 292 k€.

L'ADEME prend en charge 70%. Ce sont les cotisations des adhérents sur les 3 prochaines années qui permettront de financer ce projet !

Pour soutenir et adhérer, c'est ici : <http://rfcp.fr/adherer/>



Actualités paille

FDES* bottes de plein champs

Deux nouvelles FDES (selon le type d'agriculture) relatives à la construction en paille sont désormais en ligne sur **INIES**, travail réalisé par Eco-Etudes :

- ✓ Isolation en bottes de paille de plein champs issues de l'agriculture biologique
- ✓ Isolation en bottes de paille de plein champs issues de l'agriculture conventionnelle

A venir : botte de paille réalisée en atelier et paille hachée.

Un paillardage sera programmé pour expliquer les données environnementales et les différences de valeur de ces FDES avec la DED paille (Donnée Environnementale par Défaut). D'ici là le paillardage sur les FDES et la RE2020 est toujours disponible >[ICI](#)<

*FDES : Fiche de Déclaration Environnementales et Sanitaires

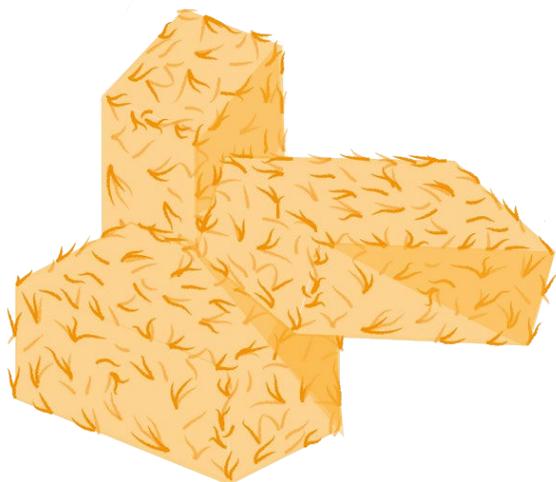


Actualités paille

FDES bottes de plein champs

Agriculture biologique :

- 9,94kg CO2 eq./m²*



Lien FDES >[ICI](#)<

Agriculture conventionnelle :

- 9,11kg CO2 eq./m²*



Lien FDES >[ICI](#)<

*bilan carbone négatif

Actualités paille

AAP SIC RFCP

Objectifs :

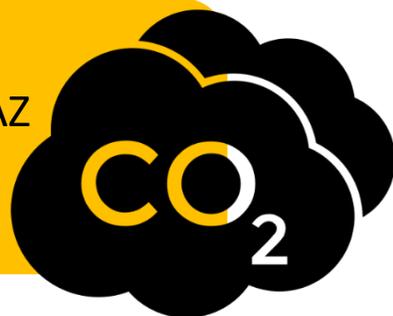
- Etendre à d'autres ressources que la paille de blé,
- Intégrer de nouveaux produits : **botte à façon, paille hachée, panneau, balle,**
- Elargir les **domaines d'emplois (>8m dernier plancher),**
- Valider les règles professionnelles **ITE et Paille Porteuse (guide des bonnes pratiques),**
- Souligner la spécificité de la paille comme isolant **support d'enduit,**
- **Faciliter la conception** et atteindre de nouveaux acteurs,
- Maintenir et soutenir nos exigences de **qualités** et de **compétences.**

SIC : Soutien à l'Innovation dans la Construction matériaux bois, biosourcés et géosourcés

Etats des lieux du secteur du bâtiment

UN GROS
PRODUCTEUR DE GAZ
À EFFET DE SERRE

23%¹



Le ciment génère **8%** des émissions mondiales de CO₂²

UN GROS
CONSOMMATEUR
D'EAU ET D'ÉNERGIE

43%³



De l'énergie consommée en France
Le béton à lui seul absorbe **1/10^{ème}** de l'eau utilisée
dans l'industrie mondiale⁴

LE PRINCIPAL
GÉNÉRATEUR DE
DÉCHETS



Gisement breton de déchets : **13 Mt** dont
67% de déchets inertes produits à 98% par le
secteur du BTP soit **9,1Mt⁵**

UN SECTEUR EN
DIFFICULTÉ DE
RECRUTEMENT ET
PERTE
D'ATTRACTIVITÉ



-250 000 emplois en 2019 (140 000
départs à la retraites)
-25% d'élèves et d'apprentis en dix ans
-33% sur dix ans des budgets associés aux
heures de formation
-18% sur dix ans du nombre d'heures de
formation⁶

Sources :

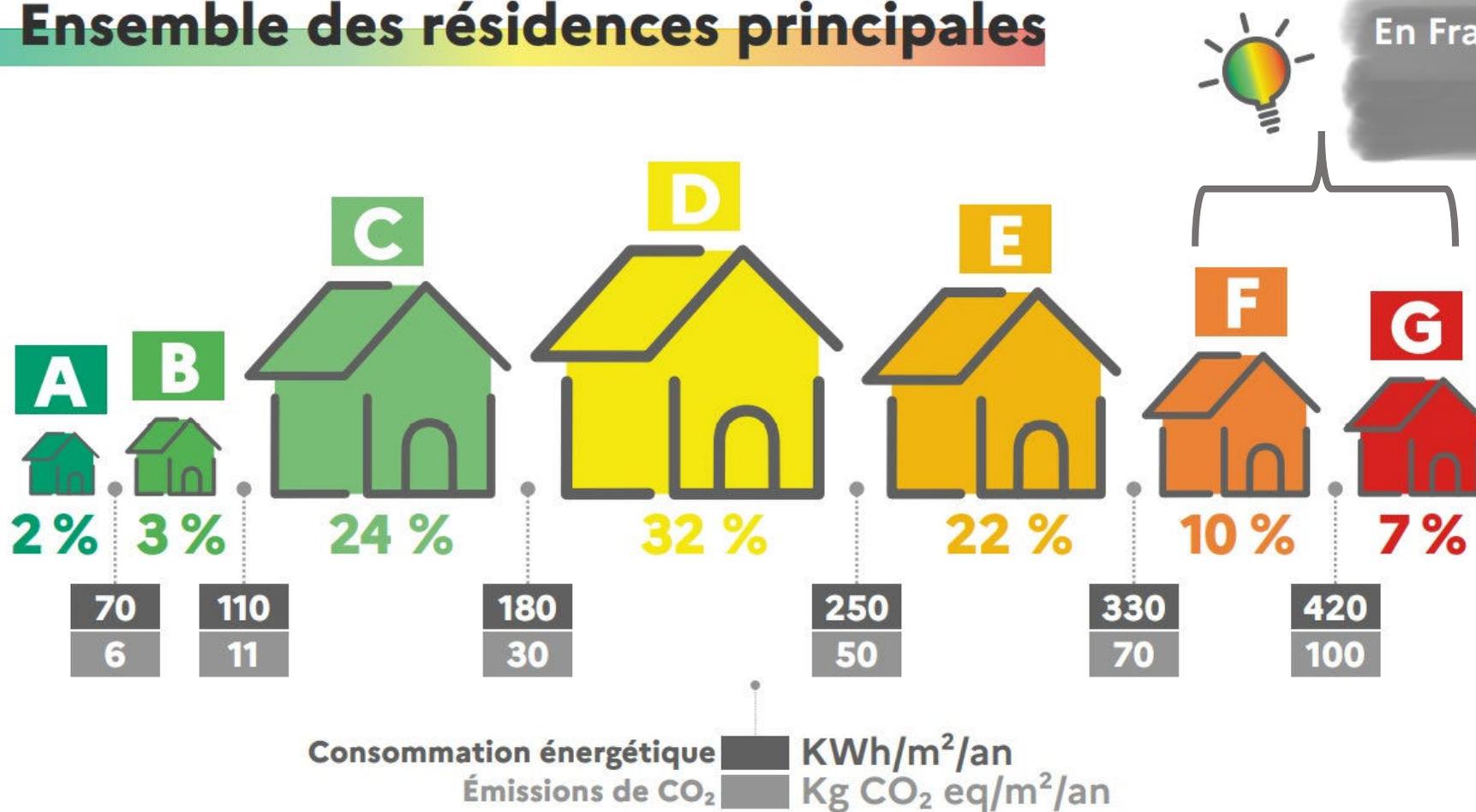
1. ecologie.gouv
2. Global Cement and Concrete Association
3. ecologie.gouv
4. Concrete: the most destructive material on Earth, Mon 25 Feb 2019, The Guardian, Jonathan Watts
5. Observatoire de l'Environnement en Bretagne
6. In Rüdinger, A., Gaspard, A., (2022). Réussir le pari de la rénovation énergétique. Rapport de la plateforme d'experts pour la rénovation énergétique des logements en France. Étude N°05/22, Iddri, Paris, France, p35

Credits picto :

- Energy by Vectorstall from [Noun Project](#) (CCBY3.0)
- Co2 by ProSymbols from [Noun Project](#) (CCBY3.0)

Etats des lieux du parc bâti

Ensemble des résidences principales



En France, il y a 5,2 millions de passoires énergétiques (classes F et G).

Consommation énergétique KWh/m²/an
Émissions de CO₂ Kg CO₂ eq/m²/an

Données au 1^{er} janvier 2022 :

https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2022-07/document_travail_60_parcs_logements_dpe_juillet2022_infopdf.pdf

Etats de lieux du parc bâti

70 à 80% du bâti de 2050 est déjà là !

		Construction	Rénovation globale
Maison individuelle	Carbone matière	641kgCO ₂ e/m ²	270 kgCO ₂ e/m ²
	Matière	1440kg/m ²	38 kg/m ²
Logement collectif	Carbone matière	736kgCO ₂ e/m ²	178kgCO ₂ e/m ²
	Matière	1900kg/m ²	27kg/m ²

Source : The Shift project à partir d'ADEME Prospective matériaux 2015-2050 et AIA NZC rénovation (valeurs actualisées 2022)

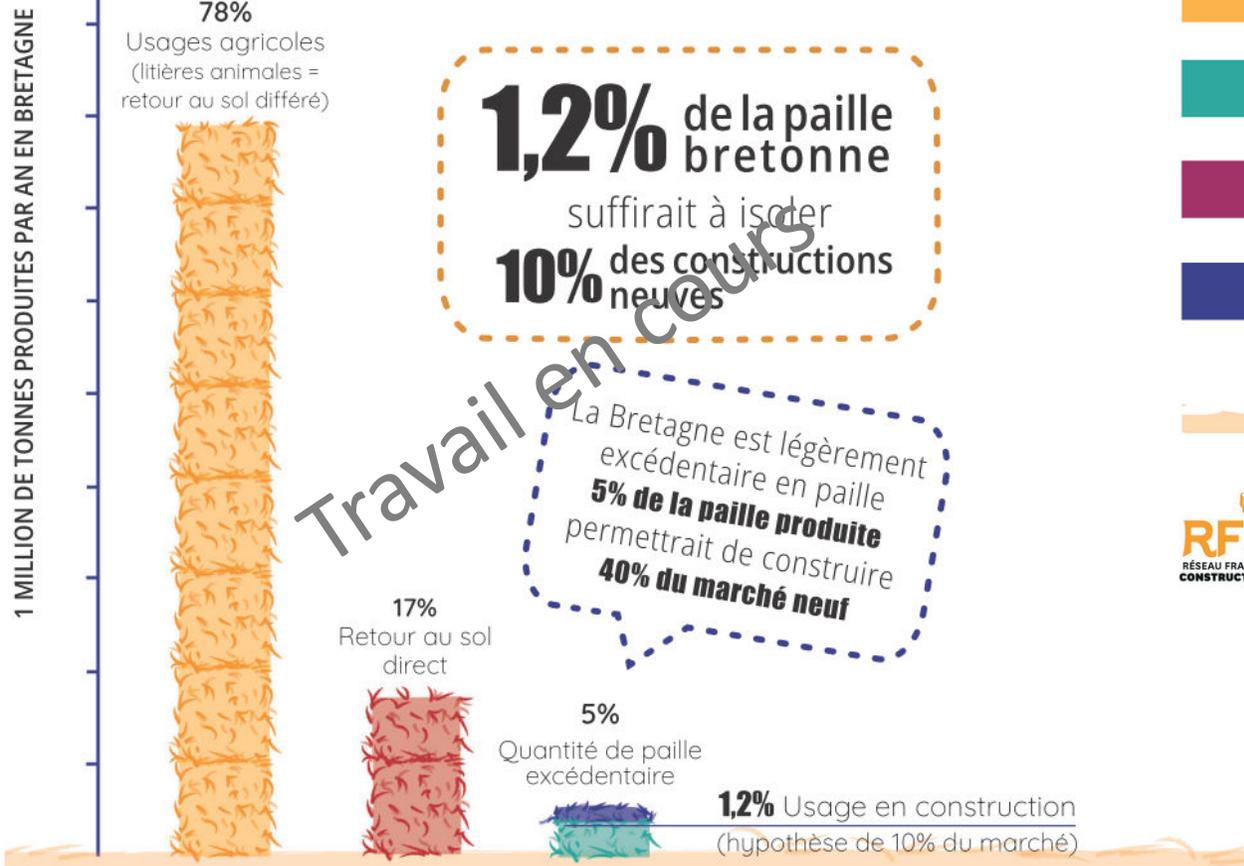
Etat des lieux des ressources



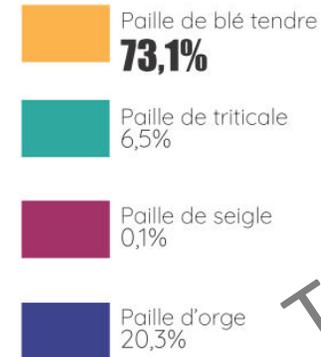
RESSOURCE EN PAILLE POUR LA CONSTRUCTION EN BRETAGNE

DIFFÉRENTS USAGES DE LA PAILLE

(Moyenne annuelle sur 4 ans : 2018 - 2021)



RÉPARTITION DE LA PRODUCTION DE PAILLE EN BRETAGNE



La **paille de blé** est majoritairement utilisée dans la filière construction car c'est la plus abondante et c'est celle qui est prescrite actuellement dans les règles professionnelles de la construction paille.

Travail en cours



Etat des lieux du cadre normatif



Prévenir les désordres,
améliorer la qualité
de la construction

COMMISSION
PRÉVENTION
PRODUITS
MIS EN ŒUVRE
[C2P]

Prévention
des désordres liés
aux produits
et procédés
de construction

**PUBLICATION
SEMESTRIELLE C2P**

Édition juillet 2022

ANNEXE 1

Techniques
de construction,
familles de produits
ou procédés mises
en observation

ANNEXE 2

Règles professionnelles
acceptées par la C2P

ANNEXE 3

Recommandations
professionnelles
RAGE

ANNEXE 2

RÈGLES PROFESSIONNELLES ACCEPTÉES PAR LA C2P

Socle naturel pour la conception des futurs NF DTU, les Règles professionnelles sont éditées par les filières professionnelles soucieuses de formaliser le cadre de leurs métiers. À leur demande, la C2P étudie ces textes en apportant sa vision « sinistralité », et édit la Liste des Règles professionnelles acceptées par la C2P. Les textes qui ne sont pas sur cette liste sont par défaut « mis en observation ».

A RÈGLES PROFESSIONNELLES ACCEPTÉES PAR LA C2P

(2008, UMGO)

FAÇADE, BARDAGE

- **Bardage rapporté de tuiles terre cuite sur construction à ossature bois et panneaux CLT**

(Règles professionnelles mai 2021, FFTB, CTMNC, FCBA, UMGCCP-FFB, UMB-FFB, CAPEB / UNA-CMA, CAPEB / UNA-CPC, UICB)

- (*) **Traitement de l'étanchéité des joints de façades et de menuiseries par l'utilisation de mousses imprégnées**

(Règles professionnelles décembre 2021, DTSB(SFJF))

ISOLATION

- **Construction en paille, remplissage isolant et support d'enduit**

(Règles professionnelles CP 2012 révisées, 3^e édition, RFCP)

- (*) **Entretien et rénovation des systèmes d'isolation thermique extérieure « ETICS »**

(Règles professionnelles janvier 2010, UPMF-FFB/SFJF)

- (*) **Travaux d'étanchéité à l'eau pour application de SEL sur les dalles de parking**

(Règles professionnelles décembre 2013)

- (*) **Travaux d'étanchéité à l'eau pour application de SEL sur les rampes de parking**

(Règles professionnelles mai 2012)

- (*) **Travaux d'étanchéité à l'eau réalisés par application de Systèmes d'Étanchéité Liquide sur planchers intermédiaires et parois verticales de locaux intérieurs humides**

(Règles professionnelles mars 2010, APSEL-CSFE)

MENUISERIE, VITRAGE

- (*) **Cloisons mobiles**

(Règles professionnelles juillet 2007, SNFA)

- (*) **Conception et mise en œuvre des installations en verre trempé**

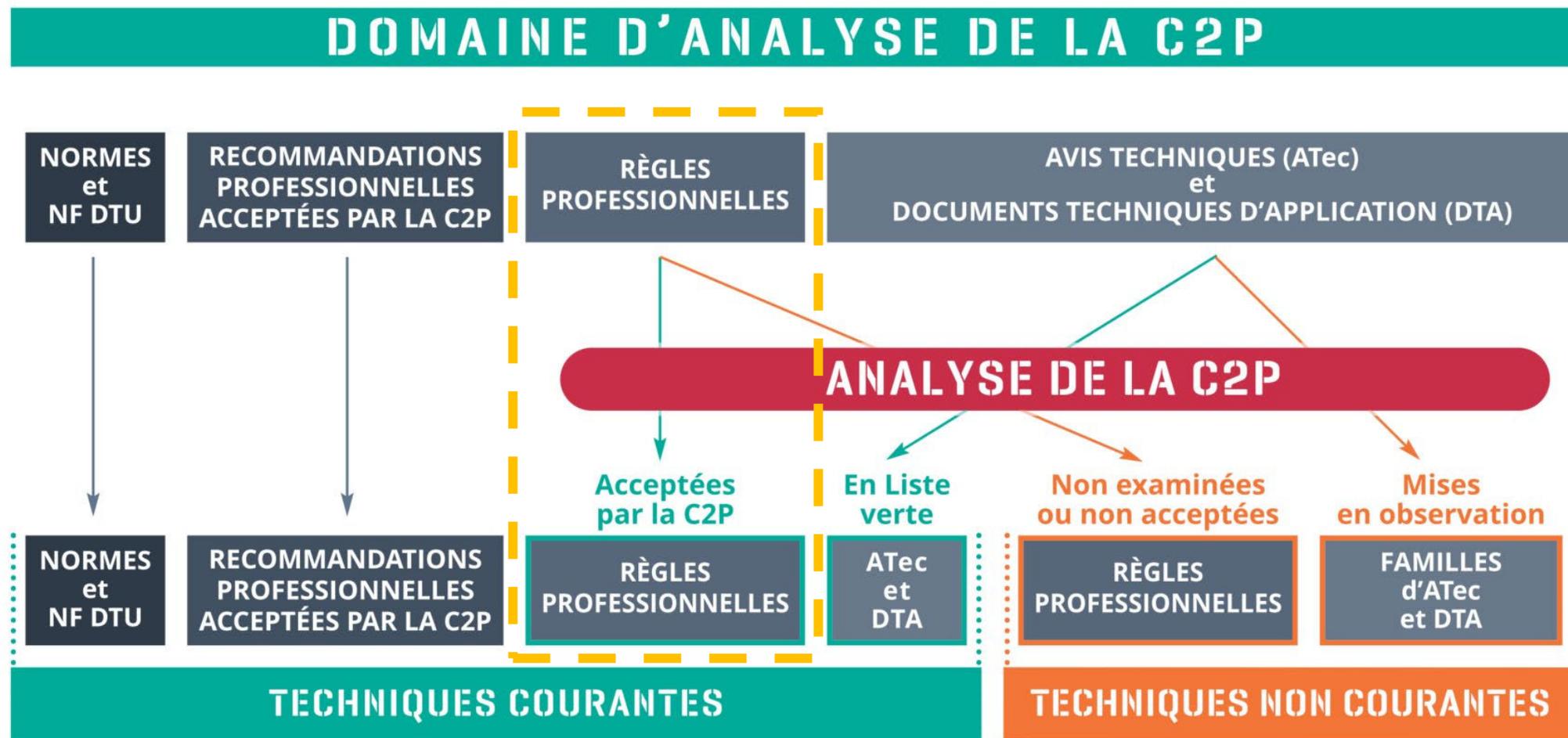
(Règles professionnelles novembre 2004, FFPV)

- (*) **Fabrication et recommandations de mise en œuvre des huisseries, bâtis et cadres métalliques en tôle d'acier fabriqués industriellement et destinés aux portes**



**Collectif
PAILLE
Armorican**
Bretagne · Pays de la Loire

Etat des lieux du cadre normatif



Etat des lieux du cadre réglementaire

RÉGLEMENTATION



Law by Iconbunny from [Noun Project](#) (CCBY3.0)



APPLICATION OBLIGATOIRE

Lois, décrets, arrêtés et textes locaux, règlements européens
> Fixe souvent des objectifs

NORMES



File by Nur Hasanah from [Noun Project](#) (CCBY3.0)



APPLICATION VOLONTAIRE

Définis par consensus entre l'ensemble des acteurs
> Exigées parfois dans un cadre contractuel, ex: DTU

AUTRES REFERENTIELS ECRITS OU ORAUX



File by Clea Doltz from [Noun Project](#) (CCBY3.0)



APPLICATION VOLONTAIRE

Spécifications établis par un groupe d'acteurs restreints
> Démarche collective ou individuelle

Etat des lieux du cadre réglementaire

Les techniques non courantes sont assurables

Pour l'entrepreneur et le Maître d'ouvrage :

- ✓ Signaler la présence de travaux de TNC à son assurance le plus tôt possible, et en tout état de cause avant l'exécution des travaux
- ✓ Vérifier la compatibilité des travaux de TNC avec l'activité déclaré de l'entrepreneur
- ✓ Incorporer dans sa remise de prix à l'AO le coût éventuel de l'extension d'assurance nécessaire

Les conditions d'assurance des TNC peuvent varier d'un assureur à l'autre



Le devoir de conseil du maitre d'œuvre s'impose sur ce sujet



Etat des lieux du cadre réglementaire



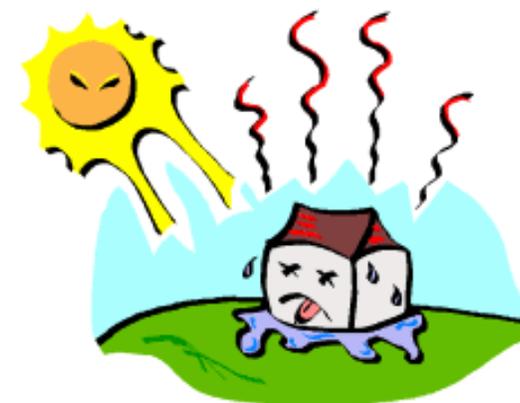
Energie

 Résistance thermique
7,1 m².K/W
(bottes de 36)



Carbone

 Empreinte carbone
-9.94 ou 9,11 kg EqCO₂/m²
(bio ou conventionnelle pour une résistance thermique de 7.1 m².K/W - source Inies)



Confort d'été

 Déphasage
12 à 16 heures

Pourquoi des Règles Pro ITE ?

Extrait de contrat type d'assurance :

Ce contrat garantit

- du fait de ses activités professionnelles mentionnées ci-avant,
- pour une participation à des opérations de construction d'un ouvrage :
 - soumis à l'obligation d'assurance dont le coût total prévisionnel de construction hors taxes (travaux et honoraires compris), déclaré par le maître d'ouvrage, n'est pas supérieur à 26 000 000 €. Au-delà de ce montant, le sociétaire doit nous déclarer le chantier concerné et souscrire, auprès de la SMABTP, un avenant d'adaptation de garantie. A défaut, il sera fait application d'une règle proportionnelle selon l'article L.121-5 du Code des assurances ;
 - non soumis à l'obligation d'assurance dont le coût total prévisionnel de construction hors taxes (honoraires compris mais éléments d'équipement techniques spéciaux exclus), déclaré par le maître d'ouvrage, n'est pas supérieur à 6 000 000 € en France métropolitaine/DOM. Au-delà de ce montant, le sociétaire doit nous déclarer le chantier concerné et souscrire, auprès de la SMABTP, un avenant d'adaptation de garantie. A défaut, les garanties du contrat ne s'appliqueront pas ;
- pour des travaux de construction traditionnels, c'est-à-dire ceux réalisés avec des matériaux et des modes de construction éprouvés de longue date,
- pour des travaux de construction répondant à une norme homologuée (NF DTU ou NF EN) ou à des règles professionnelles acceptées par la C2P (1),
- pour des procédés ou produits faisant l'objet au jour de la passation du marché :
 - d'un Agrément Technique Européen (ATE) bénéficiant d'un Document Technique d'Application (DTA), ou d'un Avis Technique (ATec), valides et non mis en observation par la C2P (2),
 - d'une Appréciation Technique d'Expérimentation (ATex) avec avis favorable,
 - d'un Pass'innovation "vert" en cours de validité.

(1) Les règles professionnelles acceptées par la C2P (Commission Prévention Produits mis en oeuvre de l'Agence Qualité Construction) sont listées à l'annexe 2 de la publication semestrielle de la C2P et sont consultables sur le site de l'Agence Qualité Construction (www.qualiteconstruction.com).

(2) Les communiqués de la C2P sont accessibles sur le site de l'AQC (www.qualiteconstruction.com).

Pourquoi des Règles Pro ITE ?

Les premiers échanges

Extrait du retour de la C2P il y a 5 ans :

Ces Règles professionnelles ont été examinées lors de la dernière C2P, celle-ci avait relevé plusieurs points et demandait une relecture via les différents organismes de la profession.

Les rédacteurs ont bien pris contact auprès de ces organismes, mais n'ont pas forcément réussi à les mobiliser.

Les rédacteurs ont renvoyé une nouvelle version prenant en compte les remarques de la dernière C2P.

La C2P décide de ne pas accepter les Règles professionnelles enduit sur ITE en l'état et demande aux rédacteurs de ces Règles de revoir la rédaction des Règles de façon collégiale en y associant organismes professionnels, contrôleurs techniques, CSTB, spécialiste de l'ITE...

Points signalés

- Manque d'organismes associés (travail en cours)
- Besoin de retours d'expériences (projet en cours)
- Sujet du réemploi des menuiseries (point bloquant pour la C2P)

Pourquoi des Règles Pro ITE ?

La suite du projet Règles Pro

- Rapport d'études sur l'analyse des textes normatifs existants favorables ou non à l'ITE Paille
- Rapport sur l'état des lieux performanciel, environnemental et technique de la construction paille aujourd'hui
- Recensement des différents bâtiments isolés par l'extérieur en paille
- Référentiel de formation ITE Paille et son dossier technique (un référentiel de formation est nécessaire car un texte normatif sans explications n'est pas considéré par la C2P)
- Version intermédiaire du texte des règles professionnelles (sera enrichie de l'expérience des professionnels du bâtiment qui sont sur chantier tous les jours mais aussi des corps d'état représentés à la C2P : laboratoires, contrôleurs techniques, assurances, syndicats professionnels.)

Appel à se manifester



Crédit photo : Trait Vivant, Landfabrik

ITE Paille : dénoncez les projets !

Par **Coralie Garcia**

Le travail sur l'ITE Paille reprend et il est nécessaire de recenser le plus exhaustivement possible les bâtiments que vous avez isolé par l'extérieur en paille.

J'ai déjà quelques projets mais j'imagine que plusieurs m'échappent encore.

N'hésitez pas à m'envoyer le lieu de construction, le nom d'un contact de référence et ses coordonnées. Ensuite, je vous recontacterai pour avoir des photos, vos détails techniques, vos impressions-retours sur la technique.

En espérant que vous pourrez m'aider, bonne journée !

J'informe Coralie d'un projet ITE

-  22 Loueson - maison
-  _22 Laurenan - Salle des fêtes AUVE
-  _35 La Chapelle Thouarault - maison PANORAMA ANTOINE
-  _35 St Gilles - maison HAMANI
-  44 Besné - Maison MARTIAL
-  44 Pannecé - Ecogite
-  _44 Liré - maison DUPONT
-  _44 Saint-Mars-du-Désert - maison VENDEVILLE
-  _49 Angers - longère HAMANI
-  _49 Querre HAMANI
-  _49 Les Ponts de Cé - maison VERGER
-  _53 Mayenne - maison - MADIOT
-  _53 St Berthevin en Mayenne - maison NOGUES
-  _56 Locminé - maison
-  _56 Vannes - maison MERCIER
-  _72 Sarthe

coralie.garcia@rfcp.fr

Grands principes de l'ITE paille

Au cadre majoritairement identique des Règles Professionnelles existantes viennent s'ajouter notamment :

Dans les règles générales de conception :

- Stabilité des ouvrages rapportés

Une nouvelle entrée sur la reconnaissance et le diagnostic des parois supports

- Planéité et continuité du support
- Etanchéité à l'air et paroi-support
- Fentes et fissures
- Humidité et remontées capillaires
- Poudrage, décollement, érosion
- Etats des points singuliers

Dans la partie gestion des soubassements et des liaisons entre étages

- Reprise des charges des ouvrages rapportées en ITE
- Garde au sol en ITE

Dans la partie système constructif

- Système à paroi support (ITE)

Dans la partie ouvrage de menuiserie

- Réutilisation des menuiseries existantes

Grands principes de l'ITE paille

Sommaire

Règles professionnelles de construction en paille

Remplissage isolant et support d'enduit
Isolation thermique par l'extérieur

NB : Ce document de travail non contractuel ne doit pas être diffusé.



**Collectif
PAILLE**
Armorica
Bretagne · Pays de la Loire

Grands principes de l'ITE paille

Sommaire

Sommaire

Sommaire

1 GENERALITES	20
1.1 OBJET	20
1.2 DOMAINE D'APPLICATION	20
1.3 GESTION DES INTERVENTIONS ENTRE CORPS D'ETATS	21
1.4 SECURITE SUR LE CHANTIER	21
1.5 DECONSTRUCTION – RECYCLAGE – FIN DE VIE	22
2 PROPRIETES DU MATERIAU BOTTE DE PAILLE	24
2.1 PAILLE	24
2.2 TYPES DE PAILLE	24
2.3 CONDITIONNEMENT DE LA PAILLE	24
2.3.1 Botelage	24
2.3.2 Liage	24
2.4 TRANSPORT, MANUTENTION ET STOCKAGE	25
2.4.1 Transport	25
2.4.2 Manutention	25
2.4.3 Stockage	25
2.5 CARACTERISTIQUES DES BOTTES DE PAILLE	26
2.5.1 Dimensions	26
2.5.2 Orientation des fibres	27
2.5.3 Teneur en eau	29
2.5.4 Masse volumique	30
2.5.5 Rappel des principales caractéristiques utiles dans le domaine du bâtiment	30
2.6 DURABILITE DES BOTTES DE PAILLE	30
3 TECHNIQUES GENERALES DU BATIMENT	31
3.1 REGLES GENERALES DE CONCEPTION	31
3.1.1 Facteurs d'altérations potentiels	31
3.1.2 Facteurs influant sur les performances des murs remplis en bottes de paille	34
3.1.3 Conditions climatiques	34
3.1.4 Adaptation aux conditions climatiques	35
3.1.5 Stabilité des ouvrages rapportés	36
3.1.6 Sécurité sous sollicitations exceptionnelles	36
3.2 RECONNAISSANCE ET DIAGNOSTIC DES PAROIS SUPPORTS	37
3.2.1 Planéité et continuité du support	38
3.2.2 Etanchéité à l'air et paroi-support	39
3.2.3 Fentes et fissures	39
3.2.4 Humidité et remontées capillaires	39
3.2.5 Poudrage, décollement, érosion	40
3.2.6 Etats des points singuliers	41
3.3 GESTION DE L'ETANCHEITE A L'EAU	42
3.3.1 Etanchéité des parois aux intempéries	42
3.3.2 Etanchéité des interfaces à l'eau	43
3.3.3 Humidification prolongée des parements ou revêtements extérieurs	44
3.3.4 Contrôle de qualité	44
3.4 GESTION DE L'ETANCHEITE A L'AIR	44
3.4.1 Généralités	44
3.4.2 Contexte normatif	45

Sommaire

3.4.3 Matériaux	45
3.4.4 Etanchéité à l'air des parois	45
3.4.5 Contexte de l'étanchéité à l'air en ITE	45
3.4.6 Organisation et phasage des travaux d'étanchéité à l'air	47
3.4.7 Etanchéité à l'air des interfaces	49
3.5 GESTION DE LA VAPEUR D'EAU ET DE L'HYGROMETRIE	53
3.5.1 Généralités	53
3.5.2 Contexte normatif et références	53
3.5.3 Parois perméables à la vapeur d'eau	53
3.5.4 Parois perméables à la vapeur d'eau en ITE	56
3.5.5 Parois en bottes de paille dont une face est étanche à la vapeur d'eau	59
3.5.6 Toitures-terrasses isolées en bottes de paille	59
3.5.7 Parois en bottes de paille dont les deux faces sont étanches à la vapeur d'eau	60
3.6 GESTION DE L'ISOLATION PHONIQUE	60
3.6.1 Généralités	60
3.6.2 Contexte normatif	60
3.6.3 Indices d'affaiblissement acoustique aux bruits aériens	61
3.6.4 Configuration	61
3.6.5 Ossatures des parois verticales et horizontales isolées en bottes de paille	61
3.6.6 Interface entre menuiseries et parois	61
3.6.7 Finition des parois verticales	61
3.6.8 Parois horizontales (plafonds) isolées en bottes de paille	62
3.6.9 Pénétrations	62
3.6.10 Exemples de mise en œuvre	62
3.7 GESTION DES SOUBASSEMENTS ET DES LIAISONS ENTRE ETAGES	63
3.7.1 Généralités	63
3.7.2 Contexte normatif	64
3.7.3 Conditions préalables à l'exécution des travaux	64
3.7.4 Barrière anti-humidité – Rupture capillaire	64
3.7.5 Reprise des charges des ouvrages rapportés en ITE	64
3.7.6 Garde au sol	64
3.7.7 Garde au sol en ITE	67
3.7.8 Isolation thermique de l'interface entre soubassement et bas de mur	68
4 TECHNIQUES GENERALES DE CONSTRUCTION EN PAILLE	69
4.1 MISE EN ŒUVRE DE LA PAILLE	69
4.1.1 Nomenclature	69
4.1.2 Règles générales	70
4.1.3 Préalables à la mise en œuvre de la paille – Exigences générales	71
4.1.4 Conditions à respecter durant l'exécution des travaux	71
4.1.5 Contrôle des bottes	71
4.1.6 Préparation des bottes	71
4.1.7 Pose des bottes	72
4.1.8 Rectification de la surface des bottes à enduire	80
4.1.9 Traçabilité du matériau et de sa mise en œuvre	81
4.1.10 Contrôle de qualité	81
4.2 SYSTEMES CONSTRUCTIFS	82
4.2.1 Contexte normatif	82
4.2.2 Choix du système constructif	82
4.2.3 Systèmes à ossature bois	83
4.2.4 Systèmes avec caissons	93
4.2.5 Systèmes périphériques à la structure	97
4.2.6 Systèmes à paroi-support (ITE)	102

Sommaire

4.2.7 Isolation thermique des toits et plafonds avec de la paille	113
4.3 PONTS THERMIQUES ET PONTS SINGULIERS	117
4.3.1 Ponts thermiques	117
4.3.2 Points singuliers	119
5 OUVRAGES CONNEXES	121
5.1 OUVRAGES EXTERIEURS A SURFACE HORIZONTALE OU DE FAIBLE PENTE ET OUVRAGES D'EVACUATION DES EAUX PLUVIALES	121
5.1.1 Domaine	121
5.1.2 Contexte normatif	121
5.1.3 Conditions préalables à l'exécution des travaux	121
5.1.4 Surfaces horizontales ou de faible pente exposées à l'eau et aux intempéries	121
5.1.5 Surfaces horizontales ou de faible pente non exposées à l'eau et aux intempéries	122
5.1.6 Dispositifs d'évacuation des eaux pluviales	122
5.1.7 Points singuliers	122
5.1.8 Contrôle de qualité	123
5.2 OUVRAGES DE MENUISERIE	123
5.2.1 Domaine	123
5.2.2 Contexte normatif	123
5.2.3 Principes généraux de conception vis-à-vis de la lumière naturelle	123
5.2.4 Conditions préalables à l'exécution des travaux	124
5.2.5 Exécution des travaux de menuiserie intérieure	124
5.2.6 Exécution des travaux de menuiserie extérieure	124
5.2.7 Réutilisation des menuiseries existantes	131
5.2.8 Contrôle de qualité	132
5.3 OUVRAGES D'EQUIPEMENT TECHNIQUE	132
5.3.1 Domaine	132
5.3.2 Contexte normatif	132
5.3.3 Conditions préalables à l'exécution des travaux	133
5.3.4 Règles générales	133
5.3.5 Réservations et passages dans la paille	133
5.3.6 Travaux de plomberie et chauffage	134
5.3.7 Ouvrages d'électricité : courants forts et courants faibles	135
5.3.8 Travaux de fumisterie	137
5.3.9 Contrôle de qualité	138
5.4 OUVRAGES DE FIXATION D'ELEMENTS	139
5.4.1 Généralités	139
5.4.2 Domaine	139
5.4.3 Etanchéité à l'eau et à l'air	139
5.4.4 Fixation sur des parois à remplissage en paille	139
5.4.5 Contrôle de qualité	142
6 ENDUITS	144
6.1 OUVRAGES D'ENDUITS NORMALISES SUR DES PAROIS EN PAILLE	144
6.1.1 Généralités	144
6.1.2 Domaine	144
6.1.3 Contexte normatif	144
6.1.4 Objectif des ouvrages d'enduits	144
6.1.5 Conditions de réception des supports préalables à l'exécution des travaux et état des surfaces à enduire	145
6.1.6 Matériaux	145
6.1.7 Prescriptions générales de mise en œuvre	145
6.1.8 Mise en œuvre d'enduits sur bottes de paille	146
6.1.9 Contrôle de qualité	149
6.1.10 Désordres potentiels	150

Grands principes de l'ITE paille

Sommaire

6.2	ENDUITS NON NORMALISES	151
6.3	ENDUITS DE TERRE	151
6.3.1	Généralités	151
6.3.2	Domaine	152
6.3.3	Contexte normatif	152
6.3.4	Objectif des ouvrages d'enduits	152
6.3.5	Conditions de réception des supports préalables à l'exécution des travaux et état des surfaces à enduire	152
6.3.6	Matériaux	152
6.3.7	Modes de préparation de la terre	153
6.3.8	Prescriptions générales de mise en œuvre	153
6.3.9	Contrôle de qualité	157
7	BARDAGES, VETURES	158
7.1	OUVRAGES DE MISE EN ŒUVRE DE PLAQUES OU PANNEAUX DE PAREMENT	158
7.1.1	Généralités	158
7.1.2	Domaine	158
7.1.3	Contexte normatif	158
7.1.4	Conditions préalables à l'exécution des travaux	158
7.1.5	Pose des plaques	159
7.1.6	Contrôle de qualité	159
7.2	OUVRAGES DE MISE EN ŒUVRE DE BARDAGES, DE VETURES ET AUTRES REVETEMENTS EXTERIEURS	160
7.2.1	Domaine	160
7.2.2	Contexte normatif	160
7.2.3	Conditions préalables à l'exécution des travaux	160
7.2.4	Protection des ouvrages en paille	160
7.2.5	Types de bardages	161
7.2.6	Contrôle de qualité	161
8	ANNEXE A1 CAHIER DES CHARGES POUR L'UTILISATION DE BOTTES DE PAILLE DANS LA CONSTRUCTION	163
8.1	A1.1 EXIGENCES	163
8.1.1	A1.1.1 Qualité du matériau botte de paille	163
8.1.2	A1.1.2 Qualité des ficelles de liage des bottes	163
8.2	A1.2 CONTRÔLE DES BOTTES DE PAILLE	163
8.2.1	A1.2.1 Procédure	163
8.2.2	A1.2.2 Fréquence de contrôle	164
8.2.3	A1.2.3 Mesures correctives	164
8.3	A1.3 TABLES SIMPLIFIEES DE CALCUL DE LA MASSE VOLUMIQUE DE BOTTES DE PAILLE	164
8.4	A1.4 BORDEREAU DE CONTROLE DE LA QUALITE DES BOTTES DE PAILLE POUR LA CONSTRUCTION	166
9	ANNEXE A2 PROCEDURE DE CONTROLE DE LA QUALITE DE MISE EN ŒUVRE DE LA PAILLE	168
9.1	A2.1 CIRCUIT DE DIFFUSION DE LA FICHE D'AUTOCONTROLE	168
9.2	A2.2 DOCUMENTS DE REFERENCE	168
9.3	A2.3 PROCEDURE ET FICHE D'AUTOCONTROLE	168
9.3.1	A2.3.1 Contrôle des bottes de paille	169
9.3.2	A2.3.2 Réception de chantier avant mise en œuvre	169
9.3.3	A2.3.3 Contrôle de la qualité de mise en œuvre des bottes de paille	170
9.3.4	A2.3.4 Contrôle de la qualité de mise en œuvre des enduits sur bottes de paille	171
9.3.5	A2.3.5 Contrôle de la qualité de mise en œuvre des plaques de parement ou des bardages sur les parois verticales isolées en bottes de paille	171

Sommaire

9.3.6	A2.3.6 Contrôle de la gestion de la vapeur d'eau et de l'hygrométrie	172
9.3.7	A2.3.7 Contrôle de la qualité de mise en œuvre des détails	173
9.3.8	A2.3.8 Informations générales	174
10	ANNEXE A3 PROCEDURE DE VALIDATION DE LA MAITRISE DES TENSIONS AU SECHAGE DES ENDUITS DE TERRE	175
10.1	A3.1 OBJET	175
10.2	A3.2 RAPPEL	175
10.3	A3.3 PROTOCOLE	175
10.4	A3.4 REALISATION DES ECHANTILLONS	175
10.5	A3.5 LECTURE DES RESULTATS DE L'ESSAI	176
11	ANNEXE A4 PROCEDURE DE VALIDATION DE TENUE AU CISAILLEMENT DES ENDUITS DE CORPS	178
11.1	A4.1 OBJET	178
11.2	A4.2 PROTOCOLE	178
11.3	A4.3 REALISATION DES ECHANTILLONS	178
11.4	A4.4 FABRICATION DE LA CHARGE	179
11.5	A4.5 PROCEDURE POUR L'ESSAI DE CHARGE	180
11.6	A4.6 NOTE DE CALCUL	182
12	ANNEXE A5 COEFFICIENT A LA DIFFUSION DE VAPEUR D'EAU M	183
13	ANNEXE A6 CALCUL DU SD (EPAISSEUR D'AIR EQUIVALENTE POUR LA DIFFUSION DE LA VAPEUR D'EAU D'UN PAREMENT	185
13.1	A6.1 METHODE	185
13.1.1	A6.1.1 Parement à une seule couche	185
13.1.2	A6.1.2 Parement composite avec plusieurs couches imbriquées entre elles	185
13.2	A6.2 EXEMPLES D'APPLICATION	186
13.2.1	A6.2.1 Enduit à la chaux à l'extérieur et enduit de terre à l'intérieur	186
13.2.2	A6.2.2 Enduit à la chaux sur fibre de bois à l'extérieur et plaque à l'intérieur	187
13.2.3	A6.2.3 Agepan DWD sous bardage ventilé à l'extérieur et plaque à l'intérieur	188
13.2.4	A6.2.4 Enduit à la chaux à l'extérieur et plaque à l'intérieur	189
13.2.5	A6.2.5 Enduit à la chaux sur panneaux de fibre de bois à l'extérieur et enduit de terre à l'intérieur	190
13.2.6	A6.2.6 Agepan DWD sous bardage ventilé à l'extérieur et enduit de terre à l'intérieur	190
13.2.7	A6.2.7 Conche intérieure imperméable à la vapeur d'eau	191
13.2.8	A6.2.8 Agepan DWD sous espace ventilé (toiture-terrasse froide) à l'extérieur et plaque à l'intérieur	192
13.2.9	A6.2.9 Conche extérieure étanche à la vapeur d'eau	193
14	ANNEXE A7 RESULTATS ET PROCES-VERBAUX D'ESSAIS	194
14.1	A7.1 MISE A JOUR DES RESULTATS ET PROCES-VERBAUX D'ESSAIS	194
14.2	A7.2 CONDITIONS D'UTILISATION DES RESULTATS DES PROCES-VERBAUX D'ESSAIS	194

Sommaire

15	ANNEXE A8 DUREE DE MOUILLAGE DES FAÇADES SELON LEUR EXPOSITION ET LEUR LOCALISATION EN FRANCE	195
15.1	A8.1 LECTURE	195
15.2	A8.2 METHODE DE CALCUL	198
CONTEXTE NORMATIF	202	
DOCUMENTS DE REFERENCE	205	
TABLE DES ILLUSTRATIONS	210	

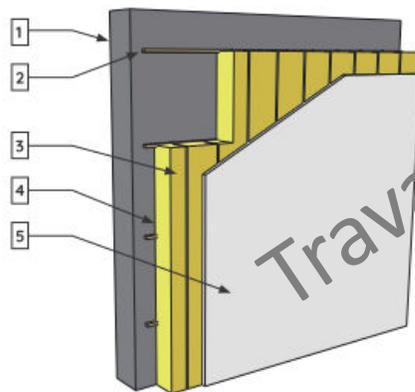
Grands principes de l'ITE paille

Systemes constructifs



ITE PLAQUÉE SUR PAROI EXISTANTE

Mise en œuvre possible avec des bottes de 37 ou 22cm



1. Mur existant
2. Linteau fixé à la maçonnerie
3. Feuillets de cerclage
4. Bottes de paille
5. Enduit chaux (ou variante avec différents types d'enduits, de vêtures ou de bardages possible)

Epaisseur de l'enveloppe ajoutée : 26 cm

environ 22 cm + 4 cm enduit

Poids enveloppe ajouté : 36 kg/m² paille
+ enduit terre/chaux 80kg/m² 130kg/m² environ

Résistance thermique : 7,1 m²K/W

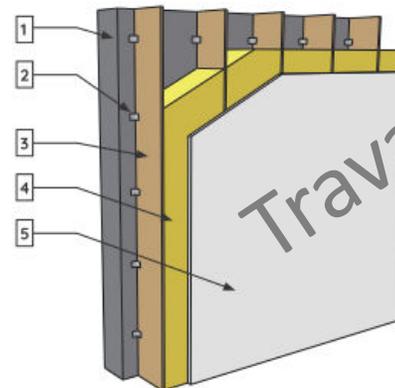
Déphasage thermique ajouté : 12-16h

Bilan carbone paroi : -8 kg EqCO₂/m²



ITE AVEC STRUCTURE BOIS VERTICALE

Mise en œuvre possible avec des bottes de 37 ou 22cm



1. Mur existant
2. Equerres de fixation
3. Structure bois traversante
4. Bottes de paille
5. Enduit chaux (variante bardage)

Epaisseur de l'enveloppe ajoutée : 41 cm

environ 37 cm botte de paille + 4 cm enduit

Poids enveloppe ajouté : 36 kg/m² paille
+ enduit terre/chaux 80kg/m² 130kg/m² environ

Résistance thermique : 7,1 m²K/W

Déphasage thermique ajouté : 12-16h

Bilan carbone paroi : -14 kg EqCO₂/m²



Collectif
PAILLE
Armorican
Bretagne · Pays de la Loire

Contacts régionaux

Benoît Dufraiche

Coordinateur de la filière Construction Paille en Bretagne et Pays-de-la-Loire

07 82 27 01 50

Céline Bohers

Animatrice de la filière Construction Paille en Bretagne et Pays-de-la-Loire

07 81 99 17 12

COLLECTIF PAILLE ARMORICAIN

48 Bd Magenta 35000 RENNES

collectifpaillearmoricaïn@gmail.com

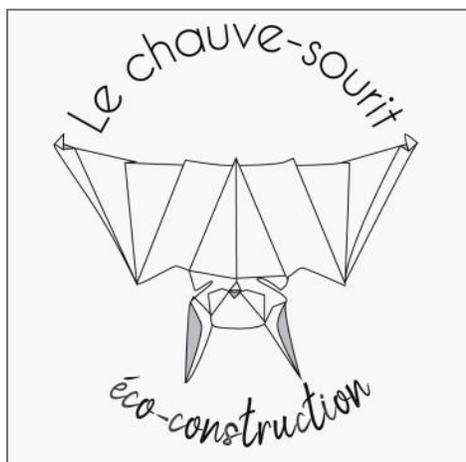
www.armorique.constructionpaille.fr



**Collectif
PAILLE**
Armoricaïn
Bretagne · Pays de la Loire

Retour d'expérience

Salle des fêtes de Laurenan



MAITRE d'OUVRAGE : Commune de Laurenan

CHRONO : Démarrage DEC 2017 / Livraison NOV 2021

LIEU : Laurenan - Côtes d'Armor 22

PROGRAMME : Rénovation de la salle des fêtes (ERP 4^{ème} catégorie)

COUT TRAVAUX : 751 729€ HT

SURFACE : 370 m² rénovés

EQUIPE : LAB, GES (Thermique) Sirius (Structure)
Armor Economie (Economiste et chantier)

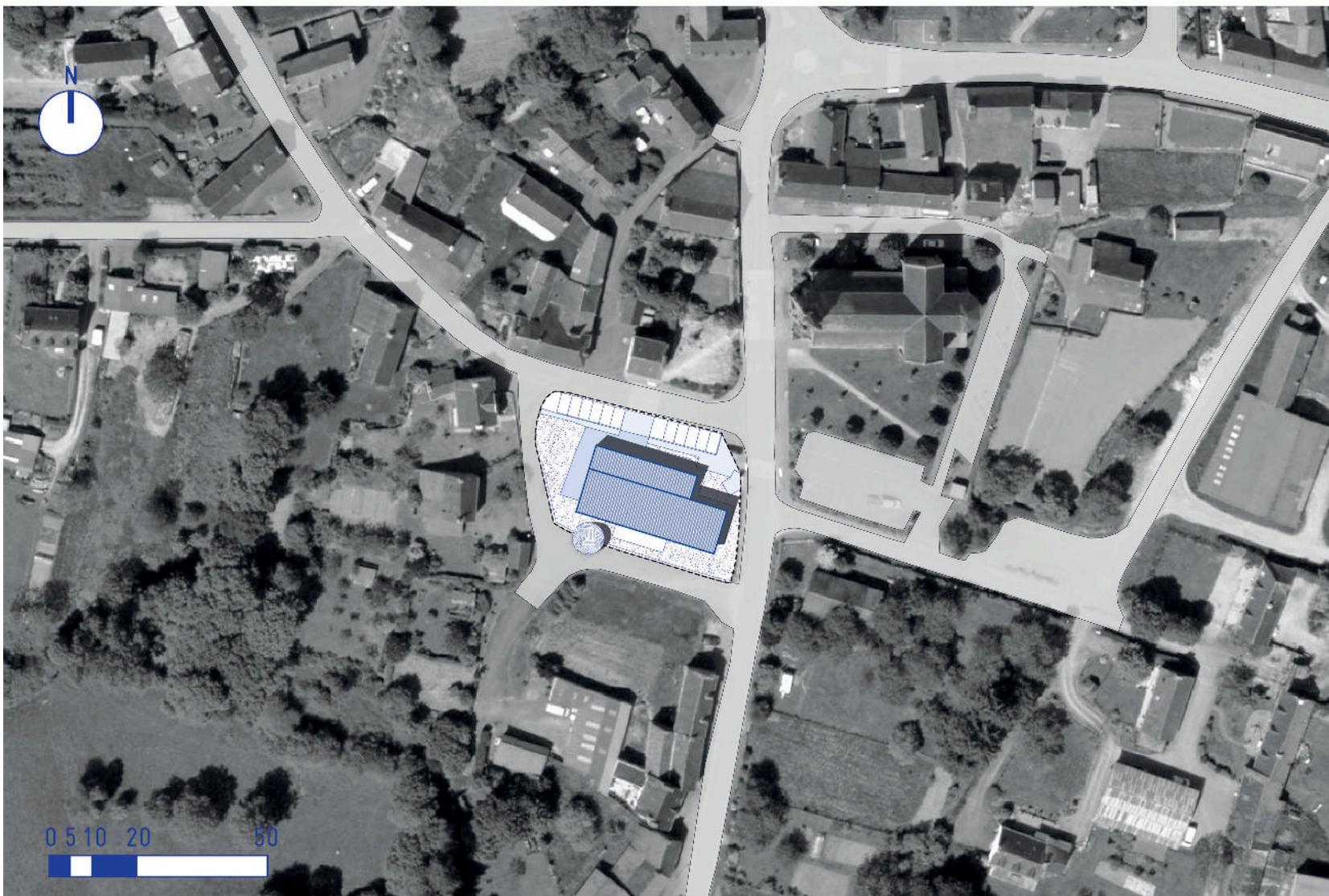
DONNEES ENVIRONNEMENTALES

- ITE avec un $R = 7.7 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ soit une amélioration de $7.62 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$
- Consommation énergétique passant de 632.02 kWhEP/m^2 à 107.82 kWhEP/m^2
- Emission de gaz à effet de serre (GES) estimée avant travaux de $40 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2/\text{an}$ passant à $2 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2/\text{an}$ après les travaux

CHANTIER :

- 3 semaines et demi de chantier bénévole
- 36 bénévoles inscrits et du rab ponctuellement

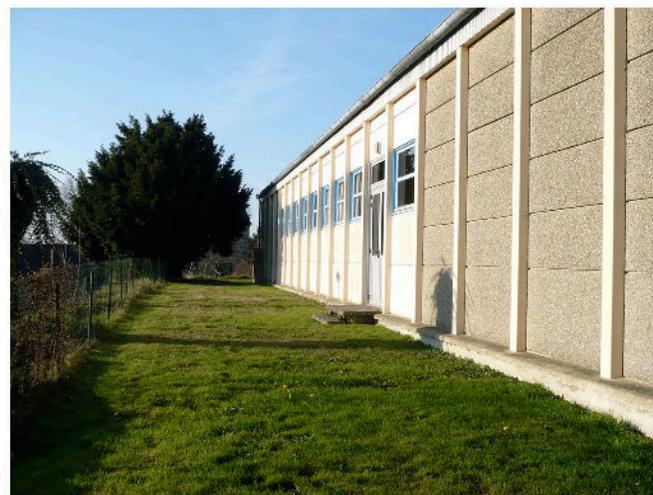
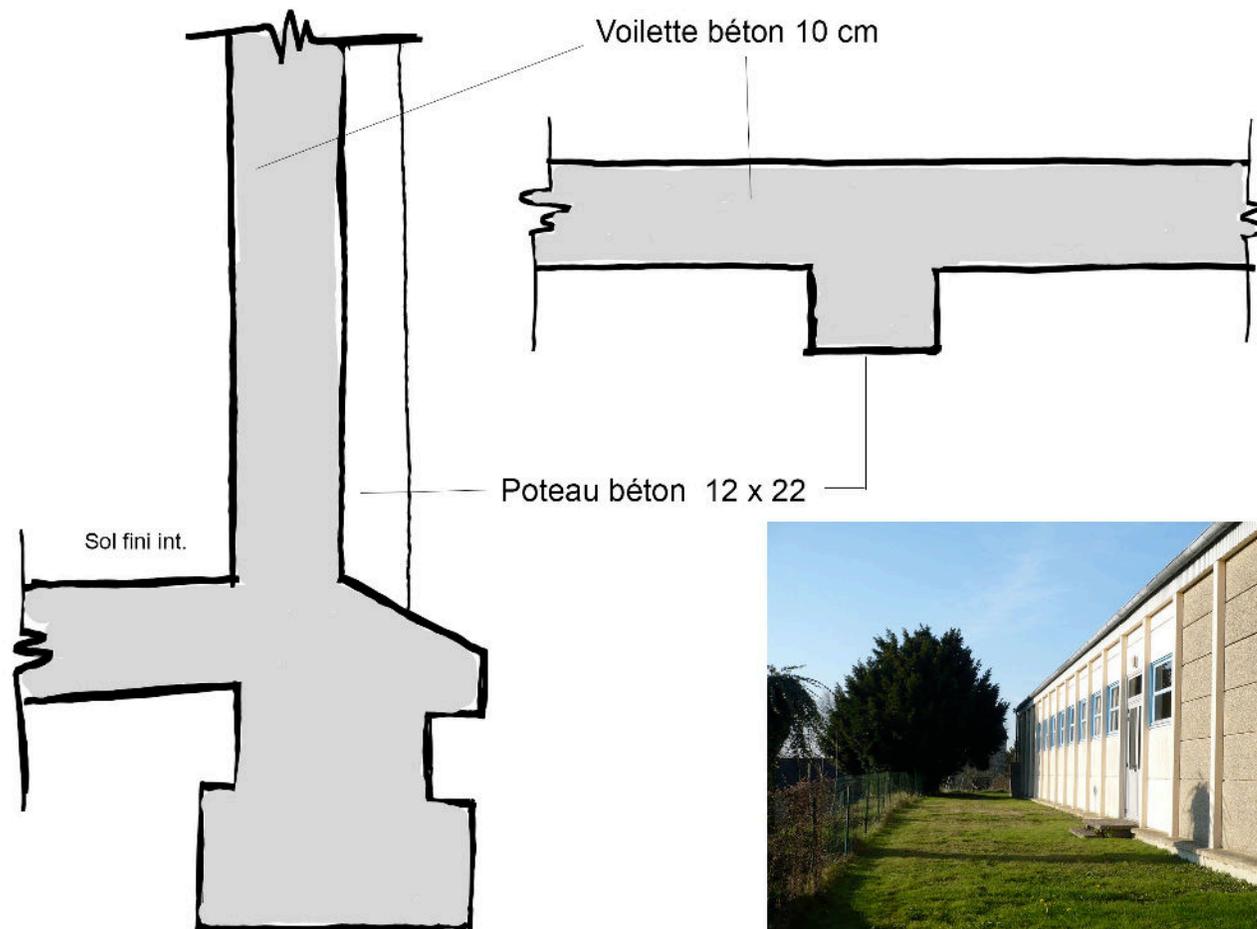
Plan Masse



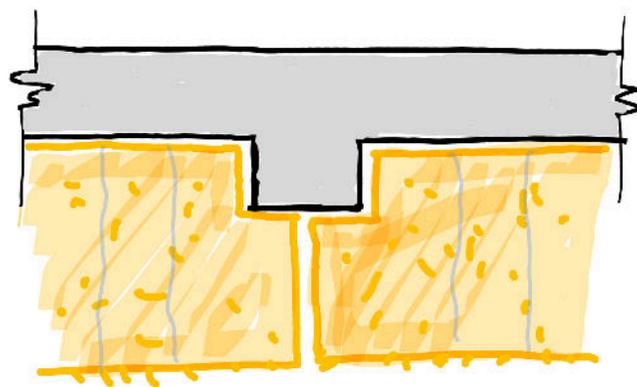
Existant



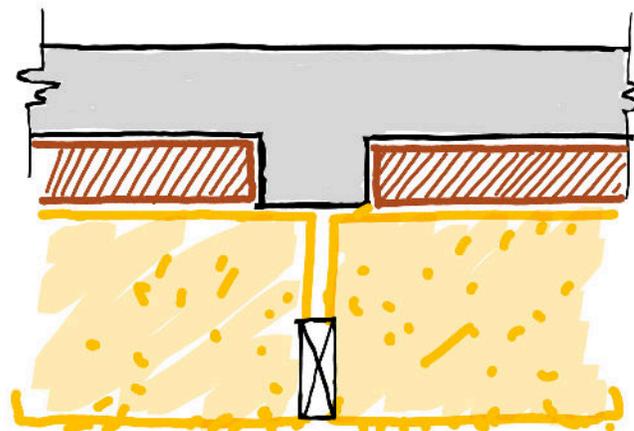
Existant



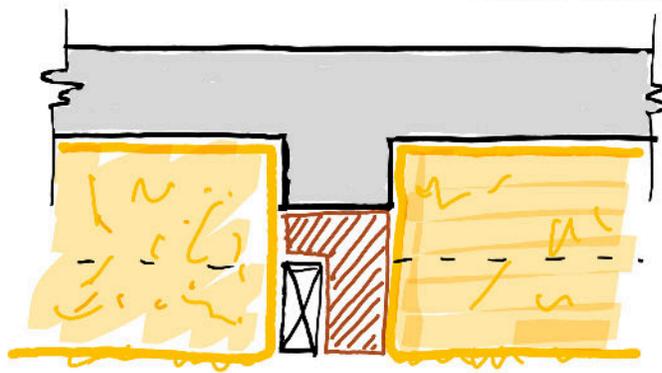
Premières versions



1.
Bottes de paille débout face visible



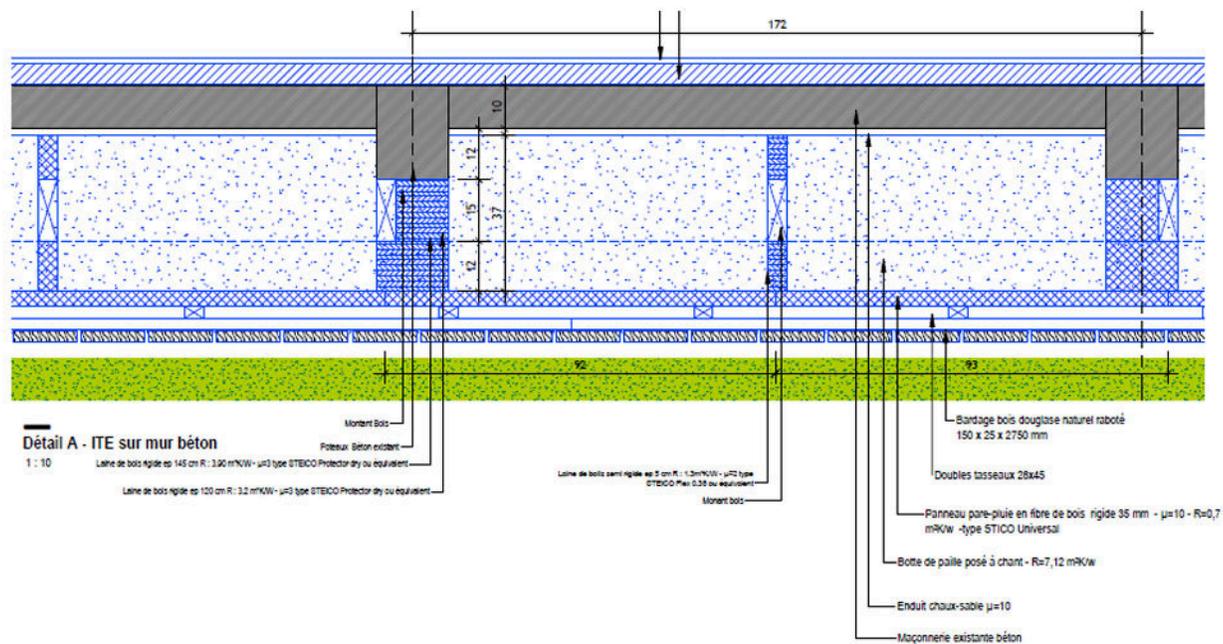
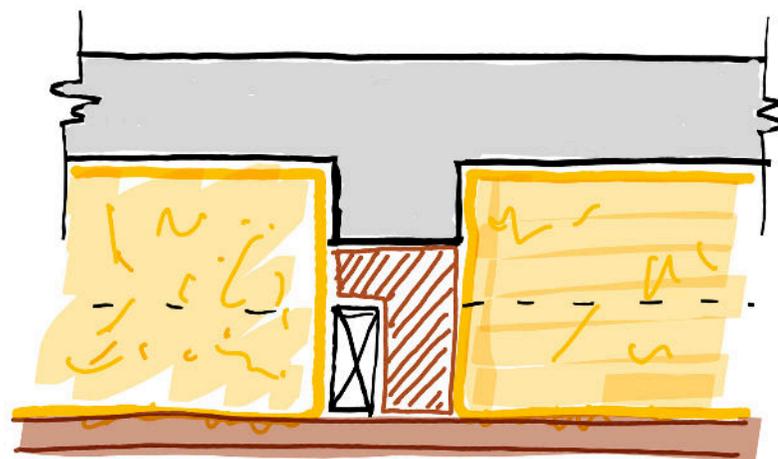
2.
Laine de bois semi-rigide dans le redents 12 cm
Botte de paille posé à plat, ossature entraxe 80cm



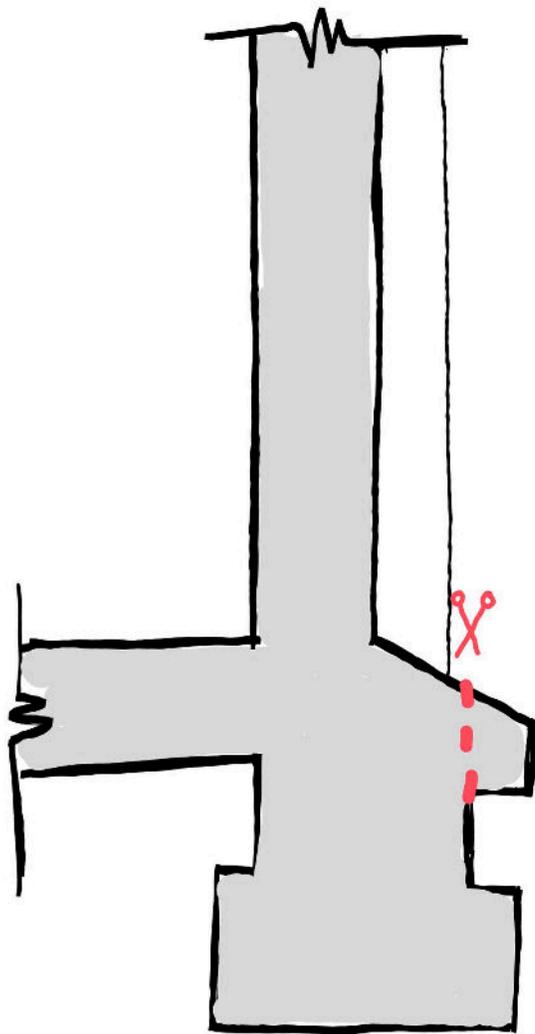
3.
Botte de paille posé à plat, ossature entraxe 80cm
complément de laine de bois semi-rigide autour du montant

Version A0

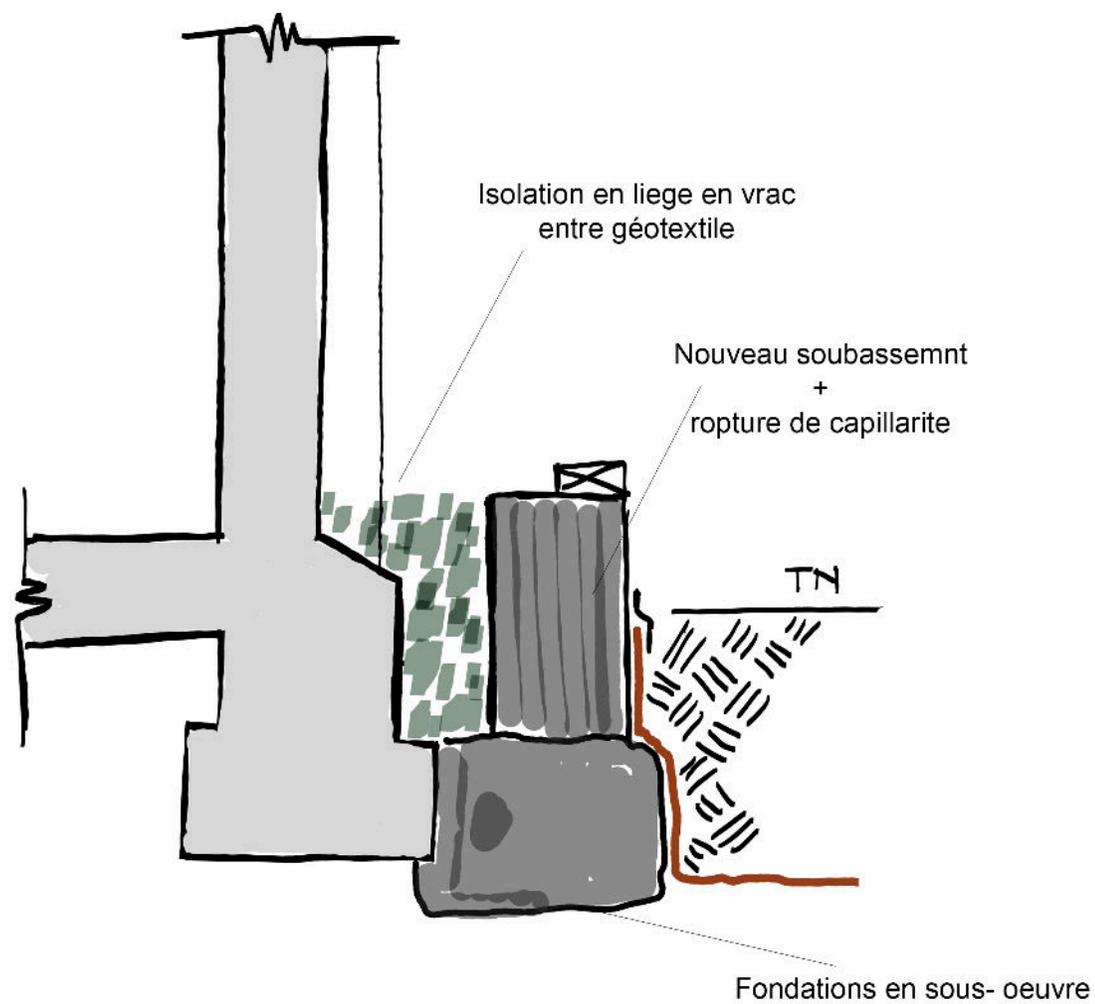
Solution retenue pour l'appel d'offre aux entrepries



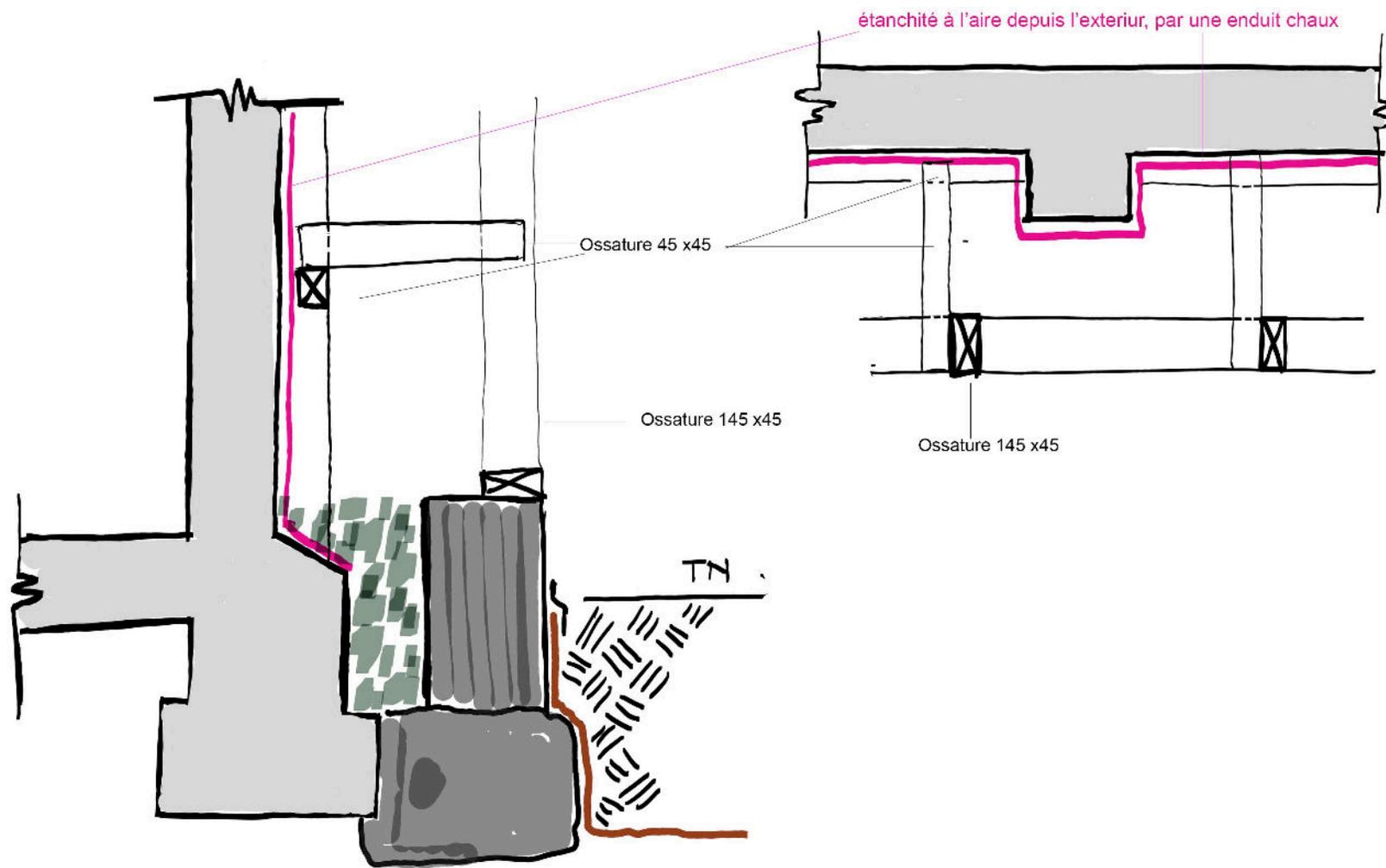
Découpe du nez de dalle



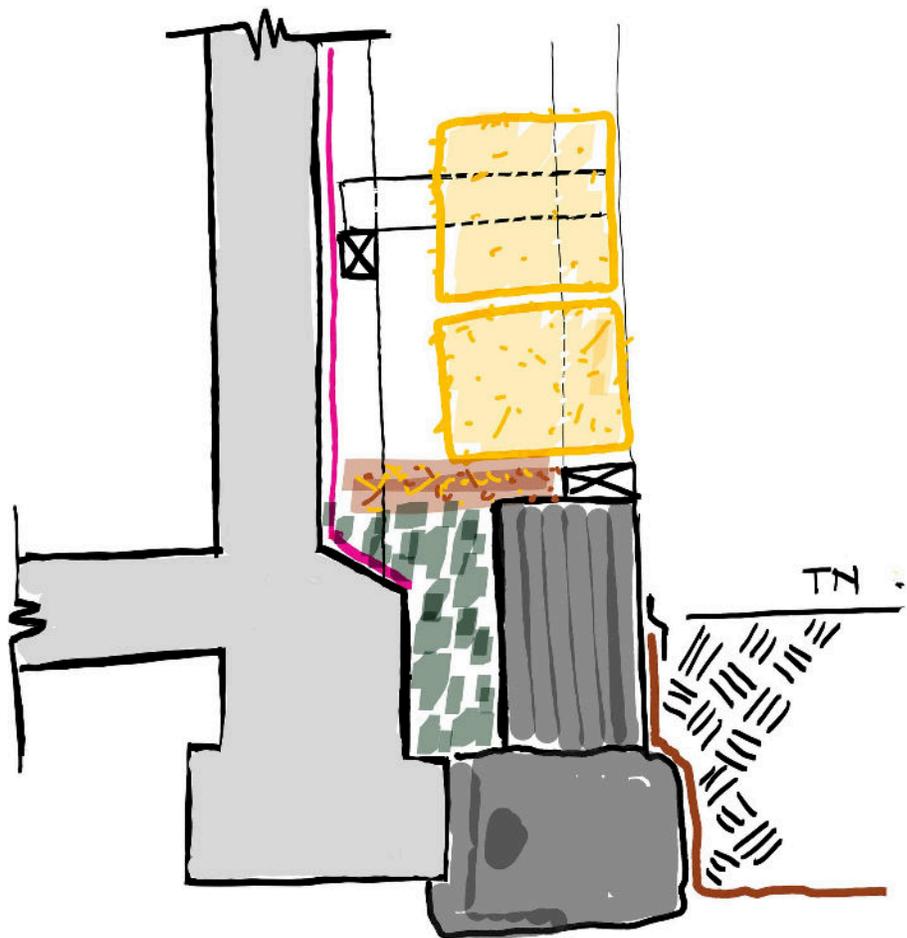
Fondations déportées



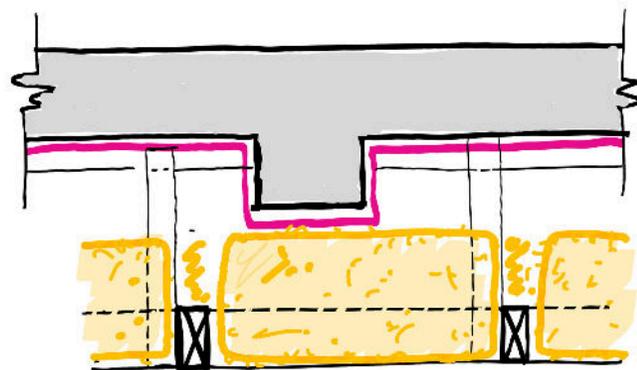
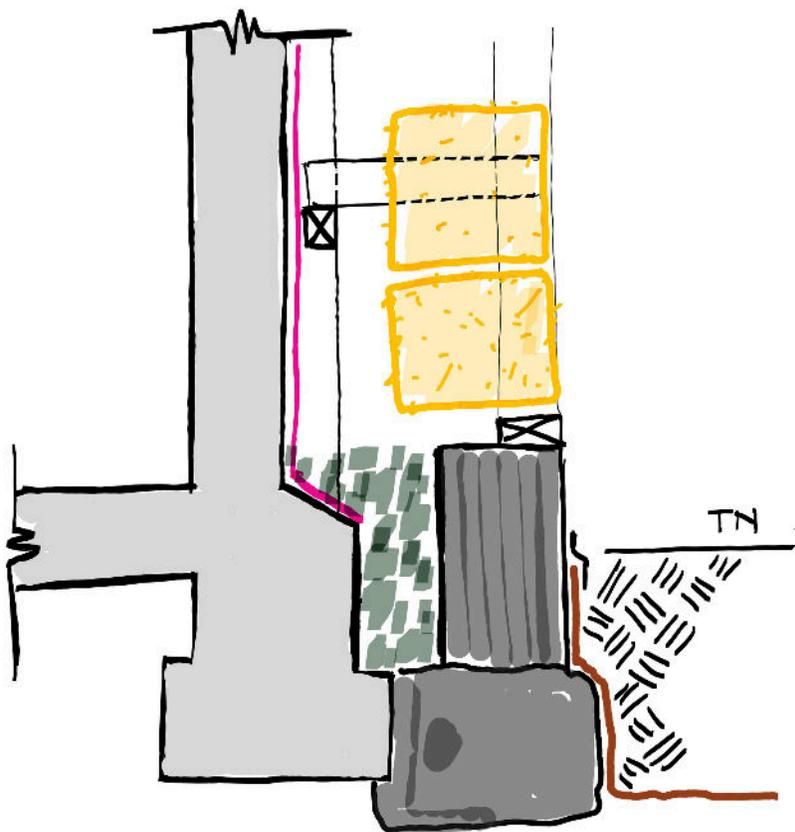
Étanchéité à l'air



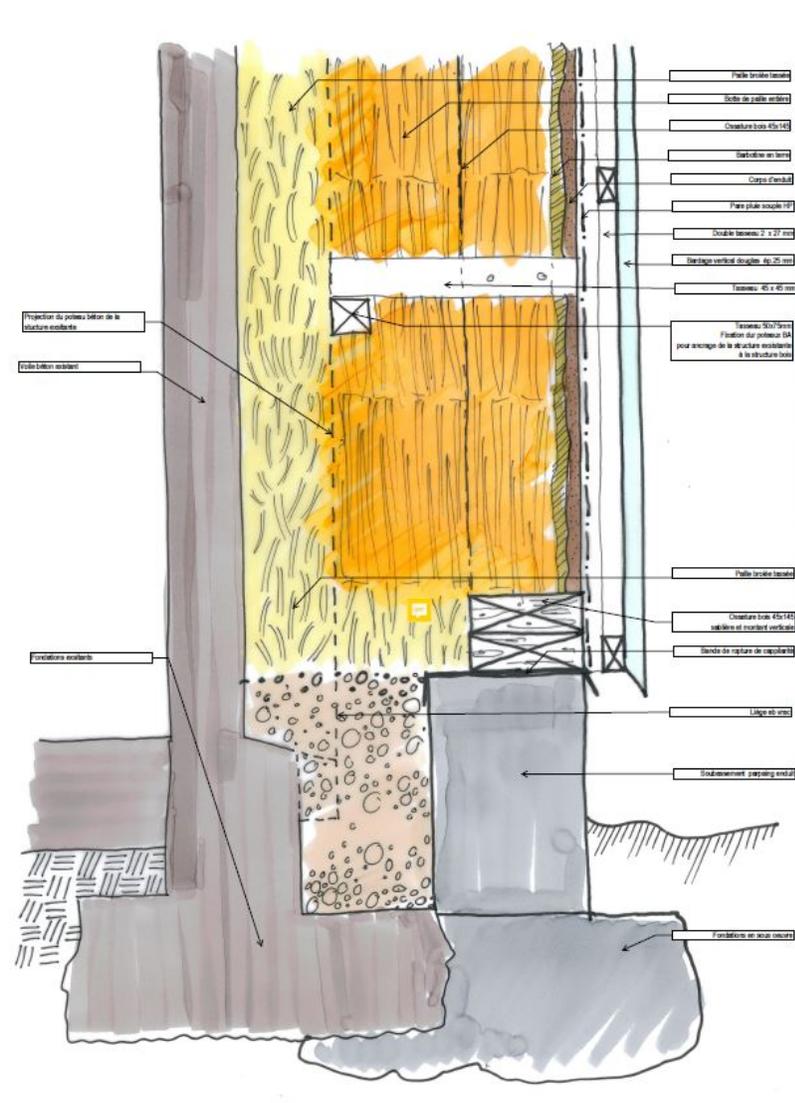
Mise en paille



Mise en paille



Complexe final



Projet fini



Projet fini



Projet fini



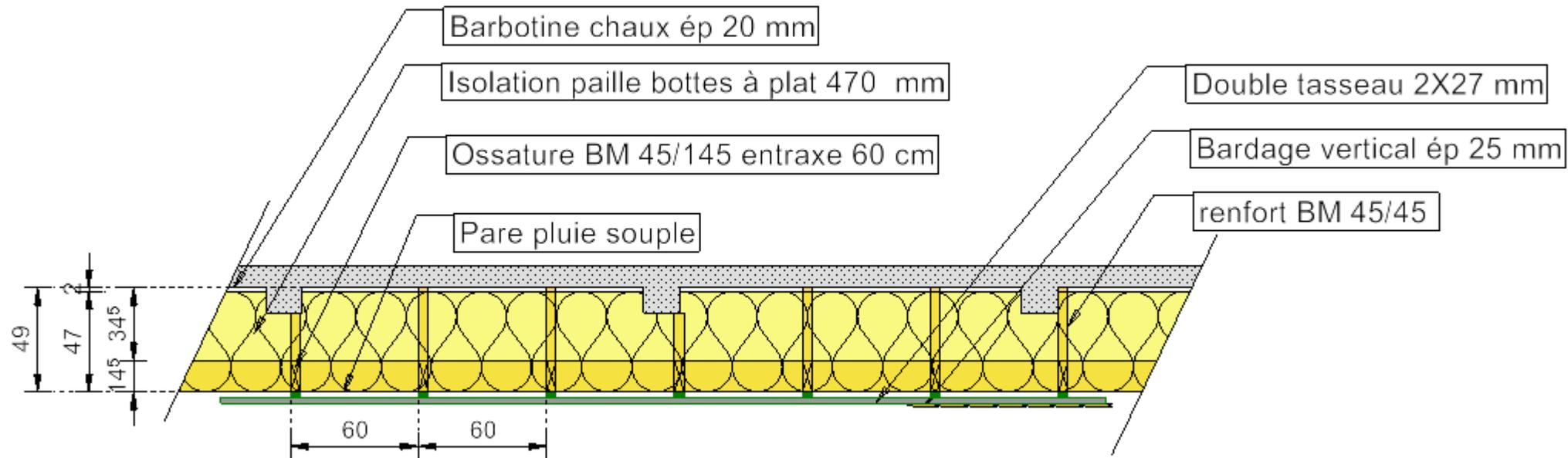
Questions-Réponses



Collectif
PAILLÉ
Armoricaïn
Bretagne · Pays de la Loire

Questions-Réponses

Coupe paroi:



Questions-Réponses



Données non garantie

LAURENAN partie parking final

Mur extérieur
établi le 14.3.2022

Isolation thermique

$U = 0,09 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

EnEV Bestand*: $U < 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

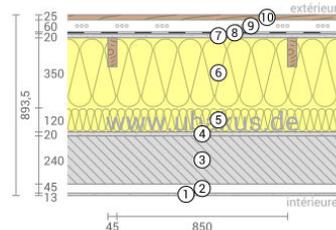
Hygrométrie

Pas de condensation

Confort d'été

Atténuation d'amplitude thermique: > 100
Déphasage: non significatif
Capacité de chaleur interne: $208 \text{ kJ/m}^2\text{K}$

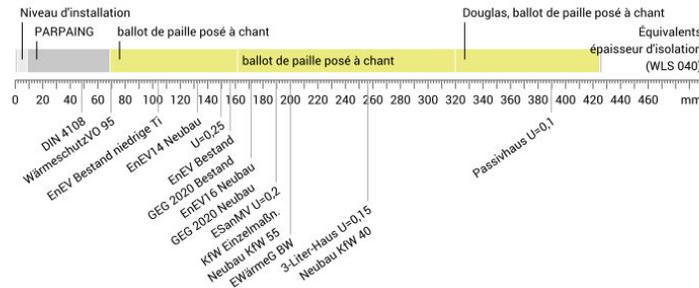
bon mauvais bon mauvais bon mauvais



- ① Plaques fibres gypse (13 mm)
- ② Niveau d'installation (45 mm)
- ③ PARPAING (240 mm)
- ④ Ciment (20 mm)
- ⑤ ballot de paille posé à chant (120 mm)
- ⑥ ballot de paille posé à chant (350 mm)
- ⑦ Barbotine (20 mm)
- ⑧ Pare-pluie sd=0,05m
- ⑨ lame d'air ventilée (60 mm)
- ⑩ Douglas (25 mm)

Effet d'isolation de couches individuelles

Pour la figure ci-dessous, les résistances thermiques des couches individuelles ont été converties en millimètre d'épaisseur d'isolation. L'échelle se réfère à une isolation de conductivité thermique de $0,040 \text{ W/mK}$.



Air ambiant: $15,0^\circ\text{C} / 60\%$
Air extérieur: $-10,0^\circ\text{C} / 80\%$
Temp. de surface: $14,7^\circ\text{C} / -9,9^\circ\text{C}$

Valeur sd: 2,3 m

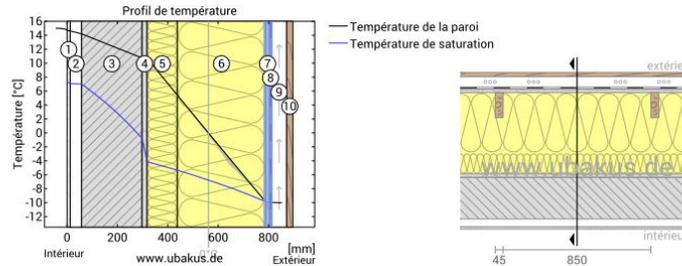
Épaisseur: 89,3 cm
Poids: 297 kg/m^2
Capacité thermique: $318 \text{ kJ/m}^2\text{K}$



Données non garantie

LAURENAN partie parking final, $U=0,09 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Profil de température



- ① Plaques fibres gypse (13 mm)
- ② Niveau d'installation (45 mm)
- ③ PARPAING (240 mm)
- ④ Ciment (20 mm)
- ⑤ ballot de paille posé à chant (120 mm)
- ⑥ ballot de paille posé à chant (350 mm)
- ⑦ Barbotine (20 mm)
- ⑧ Pare-pluie sd=0,05m
- ⑨ lame d'air ventilée (60 mm)
- ⑩ Douglas (25 mm)

L'image de gauche montre le profil de température de la composition (en noir) et de la température de saturation (en bleu) suivant la coupe indiquée sur l'image de droite. Si la température de la composition est au dessus de température de condensation il n'apparaît pas d'eau liquide. Si les deux courbes viennent à se toucher, il se forme en ce point de la condensation.

Couches (de l'int. vers l'ext.)

#	Matériau	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Température [°C] min max	Poids [kg/m ²]
	Résistance thermique surfacique*		0,130	14,7 15,0	
1	1,3 cm Plaques fibres gypse	0,350	0,037	14,6 14,7	15,0
2	4,5 cm Niveau d'installation	0,250	0,180	14,2 14,6	0,1
3	24 cm PARPAING	0,160	1,500	10,7 14,2	144,0
4	2 cm Ciment	1,400	0,014	10,7 10,7	40,0
5	12 cm ballot de paille posé à chant	0,052	2,308	5,3 10,7	12,0
6	35 cm ballot de paille posé à chant	0,052	6,731	-9,9 5,4	34,3
7	14,5 cm Douglas (Largeur: 4,5 cm)	0,120	1,208	-9,8 -4,4	3,9
8	2 cm Barbotine	0,800	0,025	-9,9 -9,8	34,0
8	0,05 cm Pare-pluie sd=0,05m	0,500	0,001	-9,9 -9,9	0,3
	Résistance thermique surfacique*		0,130	-10,0 -9,9	
9	6 cm lame d'air ventilée (extérieure)			-10,0 -10,0	0,0
10	2,5 cm Douglas			-10,0 -10,0	13,3
89,35 cm Total de la composition			10,907		296,7

*Hypothèse: la circulation d'air est libre du côté intérieur.

Température de surface intérieure (min/med/max): $14,7^\circ\text{C} \quad 14,7^\circ\text{C} \quad 14,7^\circ\text{C}$
Température de surface extérieure (min/med/max): $-9,9^\circ\text{C} \quad -9,9^\circ\text{C} \quad -9,9^\circ\text{C}$



Données non garantie

LAURENAN partie parking final, $U=0,09 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Hygrométrie

Pour le calcul de la quantité d'eau de condensation, le composant a été exposé au climat constant suivant pendant 90 jours: intérieure: 15°C et 60% Humidité de l'air; extérieure: -10°C et 80% Humidité de l'air (Climat spécifié par l'utilisateur).

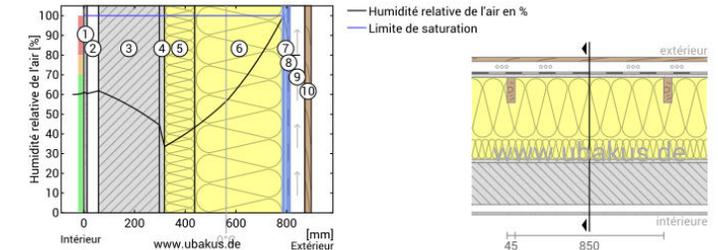
Dans ces conditions, il n'y a pas formation de condensation.

#	Matériau	Valeur sd [m]	Condensation [kg/m ³]	Condensation [Gew.-%]	Poids [kg/m ²]
1	1,3 cm Plaques fibres gypse	0,05	-	-	15,0
2	4,5 cm Niveau d'installation	0,01	-	-	0,1
3	24 cm PARPAING	1,20	-	-	144,0
4	2 cm Ciment	0,40	-	-	40,0
5	12 cm ballot de paille posé à chant	0,12	-	-	12,0
6	35 cm ballot de paille posé à chant	0,35	-	-	34,3
7	14,5 cm Douglas (Largeur: 4,5 cm)	7,25	-	-	3,9
8	2 cm Barbotine	0,10	-	-	34,0
8	0,05 cm Pare-pluie sd=0,05m	0,05	-	-	0,3
89,35 cm Total de la composition		2,34			296,7

Humidité de l'air

La température de la paroi intérieure est de $14,7^\circ\text{C}$ entraînant une humidité relative à la surface de 61% . Dans ces conditions il ne devrait pas y avoir de risque fongique.

Le graphique suivant montre l'humidité relative dans la composition.



- ① Plaques fibres gypse (13 mm)
- ② Niveau d'installation (45 mm)
- ③ PARPAING (240 mm)
- ④ Ciment (20 mm)
- ⑤ ballot de paille posé à chant (120 mm)
- ⑥ ballot de paille posé à chant (350 mm)
- ⑦ Barbotine (20 mm)
- ⑧ Pare-pluie sd=0,05m
- ⑨ lame d'air ventilée (60 mm)
- ⑩ Douglas (25 mm)

Notes: Calcul utilisant la méthode 2D-FE d'Ubakus. La convection et la capillarité des matériaux de construction n'ont pas été prises en compte. Le temps de séchage peut prendre plus de temps dans des conditions défavorables (ombrage, étés humides / frais) que celui calculé ici.

Questions-Réponses

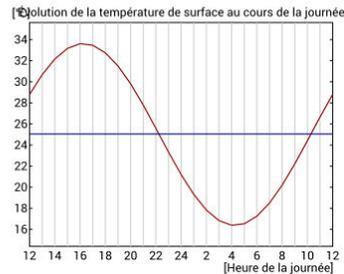
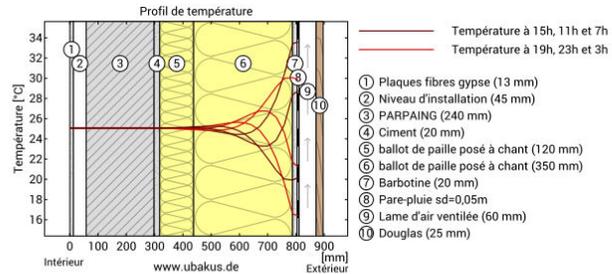


LAURENAN partie parking final, U=0,09 W/(m²K)

Données non garantie

Confort d'été

Les résultats suivants correspondent aux propriétés du composant testé et ne font aucune déclaration concernant la protection thermique de la pièce entière:



Graphique en haut: Profil de température dans la composition à différents moments. De haut en bas, lignes marrons: à 15h, 11h et 7h et lignes rouges: à 19h, 23h et 3h du matin.
Graphique en bas: La température de la surface extérieure (rouge) et de la surface intérieure (bleu) lors d'une journée. Les flèches noires indiquent les températures maximales. Le maximum de la température de la surface intérieure devrait se trouver de préférence au cours de la deuxième moitié de la nuit.

Déphasage*	non significatif	Capacité de stockage thermique (composition complète):	318 kJ/m²K
Atténuation d'amplitude**	>100	Capacité thermique des couches intérieures:	208 kJ/m²K
RAT***	0,000		

* Le déphasage indique la durée en heures, dans laquelle le pic de chaleur de l'après-midi atteint le côté intérieur de la composition.
** L'atténuation de l'amplitude décrit l'atténuation de l'onde de température lors du passage à travers la composition. Une valeur de 10 signifie que la température côté extérieur varie 10 fois plus que sur le côté intérieur, p.ex. côté extérieur 15-35 °C, côté intérieur 24-26 °C.
*** Le rapport d'amplitude de température (RAT) est l'inverse de l'atténuation: RAT = 1/Atténuation d'amplitude

Remarque: La protection thermique d'une pièce est influencée par plusieurs facteurs, mais essentiellement par le rayonnement solaire direct par les fenêtres et par la quantité totale de la capacité de stockage de chaleur (y compris le sol, les murs intérieurs et les accessoires / meubles). Un seul composant n'a généralement qu'une très faible influence sur la protection thermique de la pièce.

Les calculs présentés ci-dessus sont établis pour une section unidimensionnelle de la paroi.



LAURENAN partie ancienne final

Données non garantie

Mur extérieur établi le 14.3.2022

Isolation thermique

U = 0,11 W/(m²K)

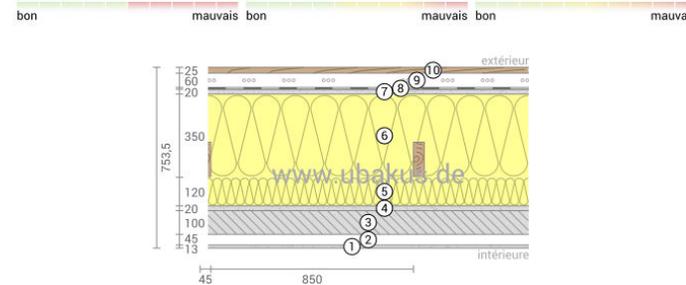
EnEV Bestand*: U<0,24 W/(m²K)

Hygrométrie

Pas de condensation

Confort d'été

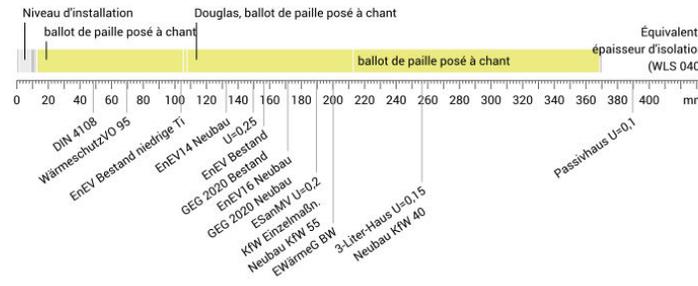
Atténuation d'amplitude thermique: >100
Déphasage: non significatif
Capacité de chaleur interne: 266 kJ/m²K



- 1 Plaques fibres gypse (13 mm)
- 2 Niveau d'installation (45 mm)
- 3 Béton léger (100 mm)
- 4 Enduit à la chaux (20 mm)
- 5 ballot de paille posé à chant (120 mm)
- 6 ballot de paille posé à chant (350 mm)
- 7 Barbotine (20 mm)
- 8 Pare-pluie sd=0,05m
- 9 lame d'air ventilée (60 mm)
- 10 Douglas (25 mm)

Effet d'isolation de couches individuelles

Pour la figure ci-dessous, les résistances thermiques des couches individuelles ont été converties en millimètre d'épaisseur d'isolation. L'échelle se réfère à une isolation de conductivité thermique de 0,040 W/mK.



Air ambiant: 20,0°C / 70%
Air extérieur: -10,0°C / 80%
Temp. de surface: 19,6°C / -9,9°C

Valeur sd: 8,1 m

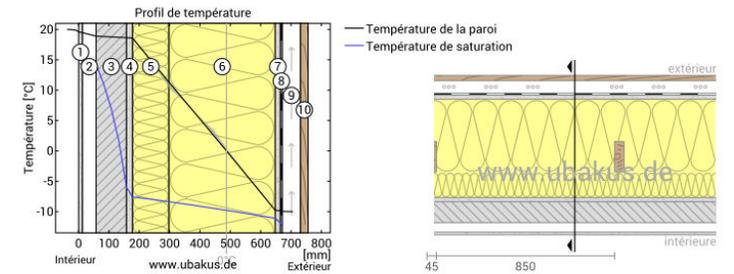
Épaisseur: 75,3 cm
Poids: 321 kg/m²
Capacité thermique: 358 kJ/m²K



LAURENAN partie ancienne final, U=0,11 W/(m²K)

Données non garantie

Profil de température



- 1 Plaques fibres gypse (13 mm)
- 2 Niveau d'installation (45 mm)
- 3 Béton léger (100 mm)
- 4 Enduit à la chaux (20 mm)
- 5 ballot de paille posé à chant (120 mm)
- 6 ballot de paille posé à chant (350 mm)
- 7 Barbotine (20 mm)
- 8 Pare-pluie sd=0,05m
- 9 lame d'air ventilée (60 mm)
- 10 Douglas (25 mm)

L'image de gauche montre le profil de température de la composition (en noir) et de la température de saturation (en bleu) suivant la coupe indiquée sur l'image de droite. Si la température de la composition est au dessus de température de condensation il n'apparaît pas d'eau liquide. Si les deux courbes viennent à se toucher, il se forme en ce point de la condensation.

Couches (de l'int. vers l'ext.)

#	Matériau	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Température [°C] min	Température [°C] max	Poids [kg/m³]
1	Résistance thermique surfacique*		0,130	19,6	20,0	
2	1,3 cm Plaques fibres gypse	0,350	0,037	19,5	19,6	15,0
3	4,5 cm Niveau d'installation	0,250	0,180	18,9	19,5	0,1
4	10 cm Béton léger	1,300	0,077	18,6	18,9	180,0
5	2 cm Enduit à la chaux	0,870	0,023	18,6	18,7	28,0
6	12 cm ballot de paille posé à chant	0,052	2,308	10,4	18,6	12,0
5	35 cm ballot de paille posé à chant	0,052	6,731	-9,8	11,3	34,3
6	14,5 cm Douglas (Largeur: 4,5 cm)	0,120	1,208	3,5	10,3	3,9
7	2 cm Barbotine	0,800	0,025	-9,9	-9,8	34,0
8	0,05 cm Pare-pluie sd=0,05m	0,500	0,001	-9,9	-9,9	0,3
	Résistance thermique surfacique*		0,130	-10,0	-9,9	
9	6 cm lame d'air ventilée (extérieure)			-10,0	-10,0	0,0
10	2,5 cm Douglas			-10,0	-10,0	13,3
	75,35 cm Total de la composition		9,503			320,7

*Hypothèse: la circulation d'air est libre du côté intérieur.

Température de surface intérieure (min/med/max): 19,6°C 19,6°C 19,6°C
Température de surface extérieure (min/med/max): -9,9°C -9,9°C -9,9°C

Questions-Réponses



Données non garantie

LAURENAN partie ancienne final, U=0,11 W/(m²K)

Hygrométrie

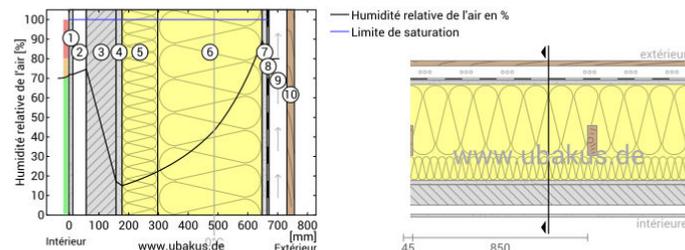
Pour le calcul de la quantité d'eau de condensation, le composant a été exposé au climat constant suivant pendant 90 jours: intérieure: 20°C et 70% Humidité de l'air; extérieure: -10°C et 80% Humidité de l'air (Climat spécifié par l'utilisateur).

Dans ces conditions, il n'y a pas formation de condensation.

#	Matériau	Valeur sd [m]	Condensation [kg/m³] [Gew.-%]	Poids [kg/m²]
1	1,3 cm Plaque fibres gypse	0,05	-	15,0
2	4,5 cm Niveau d'installation	0,01	-	0,1
3	10 cm Béton léger	7,00	-	180,0
4	2 cm Enduit à la chaux	0,26	-	28,0
5	12 cm ballot de paille posé à chant	0,12	-	12,0
6	35 cm ballot de paille posé à chant	0,35	-	34,3
7	14,5 cm Douglas (Largeur: 4,5 cm)	7,25	-	3,9
8	2 cm Barbotine	0,10	-	34,0
9	0,05 cm Pare-pluie sd=0,05m	0,05	-	0,3
	75,35 cm Total de la composition	8,07		320,7

Humidité de l'air

La température de la paroi intérieure est de 19,6 °C entraînant une humidité relative à la surface de 72%. Certains types de moisissures se développent à partir d'un taux d'humidité de 70%. Le développement de moisissures ne peut être exclu. Pour éviter le risque fongique, la température de surface doit être augmentée par une isolation (supplémentaire). Le graphique suivant montre l'humidité relative dans la composition.



- ① Plaque fibres gypse (13 mm)
- ② Niveau d'installation (45 mm)
- ③ Béton léger (100 mm)
- ④ Enduit à la chaux (20 mm)
- ⑤ ballot de paille posé à chant (120 mm)
- ⑥ ballot de paille posé à chant (350 mm)
- ⑦ Barbotine (20 mm)
- ⑧ Pare-pluie sd=0,05m
- ⑨ lame d'air ventilée (60 mm)
- ⑩ Douglas (25 mm)

Notes: Calcul utilisant la méthode 2D-FE d'Ubakus. La convection et la capillarité des matériaux de construction n'ont pas été prises en compte. Le temps de séchage peut prendre plus de temps dans des conditions défavorables (ombrage, étés humides / frais) que celui calculé ici.

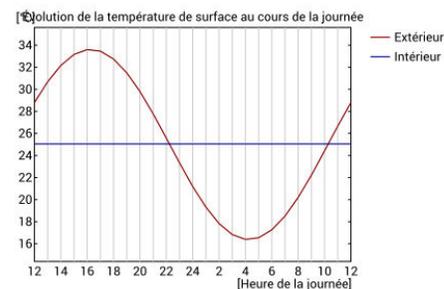
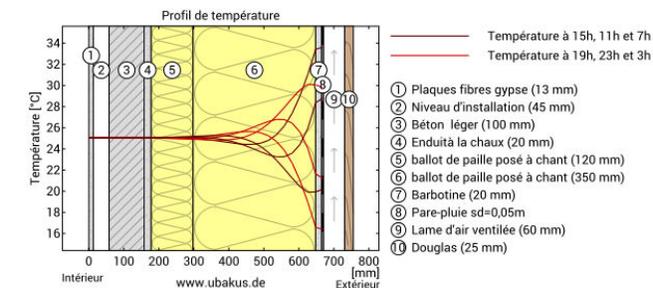


Données non garantie

LAURENAN partie ancienne final, U=0,11 W/(m²K)

Confort d'été

Les résultats suivants correspondent aux propriétés du composant testé et ne font aucune déclaration concernant la protection thermique de la pièce entière:



Graphique en haut: Profil de température dans la composition à différents moments. De haut en bas, lignes marron: à 15h, 11h et 7h et lignes rouges à 19h, 23h et 3h du matin.

Graphique en bas: La température de la surface extérieure (rouge) et de la surface intérieure (bleu) lors d'une journée. Les flèches noires indiquent les températures maximales. Le maximum de la température de la surface intérieure devrait se trouver de préférence au cours de la deuxième moitié de la nuit.

Déphasage*	non significatif	Capacité de stockage thermique (composition complète):	358 kJ/m²K
Atténuation d'amplitude**	>100	Capacité thermique des couches intérieures:	266 kJ/m²K
RAT***	0,000		

* Le déphasage indique la durée en heures, dans laquelle le pic de chaleur de l'après-midi atteint le côté intérieur de la composition.
 ** L'atténuation de l'amplitude décrit l'atténuation de l'onde de température lors du passage à travers la composition. Une valeur de 10 signifie que la température côté extérieur varie 10 fois plus que sur le côté intérieur, p.ex. côté extérieur 15-35 °C, côté intérieur 24-26 °C.
 *** Le rapport d'amplitude de température (RAT) est l'inverse de l'atténuation: RAT = 1/Atténuation d'amplitude

Remarque: La protection thermique d'une pièce est influencée par plusieurs facteurs, mais essentiellement par le rayonnement solaire direct par les fenêtres et par la quantité totale de la capacité de stockage de chaleur (y compris le sol, les murs intérieurs et les accessoires / meubles). Un seul composant n'a généralement qu'une très faible influence sur la protection thermique de la pièce.

Les calculs présentés ci-dessus sont établis pour une section unidimensionnelle de la paroi.

Contacts régionaux

Benoît Dufraiche

Coordinateur de la filière Construction Paille en Bretagne et Pays-de-la-Loire

07 82 27 01 50

Céline Bohers

Animatrice de la filière Construction Paille en Bretagne et Pays-de-la-Loire

07 81 99 17 12

COLLECTIF PAILLE ARMORICAIN

48 Bd Magenta 35000 RENNES

collectifpaillearmoricaïn@gmail.com

www.armorique.constructionpaille.fr



**Collectif
PAILLE**
Armoricaïn
Bretagne · Pays de la Loire