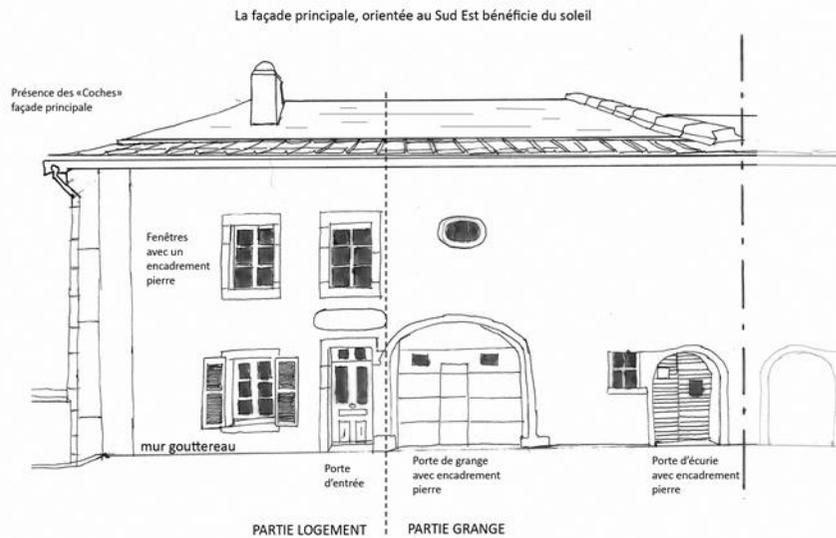
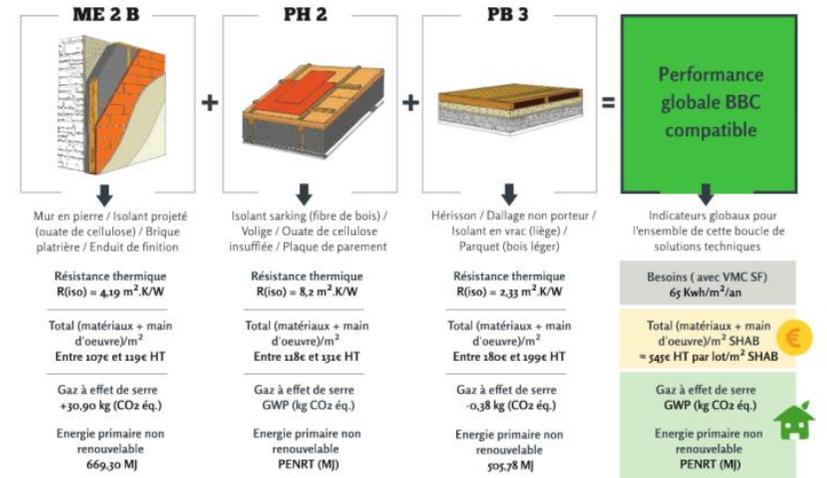


DEMARCHE D'ECO-RENOVATION DU PARC NATUREL REGIONAL DU HAUT-JURA



Boucle 17 : ME 2 B + PH 2 + PB 3 / description technique et performances



OCTOBRE 2018



Réf : 2016.447-E02 E
Dernière date de mise à jour : 15/10/2018

Equipe projet

Nicolas CORTESI, Charlotte
COMTE, Maxime Pirot
Vizea
31 place Grandclément
69100 Villeurbanne
www.vizea.fr
Tél : 09 72 46 17 29

Romain DENISOT, Lou PESTEL
Oikos
60, chemin du Jacquemet
69890 La Tour de Salvagny

[www.oikos-
ecoconstruction.com](http://www.oikos-ecoconstruction.com)
Tél : 09 81 60 92 83

Sabine FREYTAG
Raaka Architecture
21, rue Sainte Geneviève,
69006 Lyon

Tél : 07 88 32 58 18

Luc FLOISSAC
Eco-Etudes
16 Place Marnac
31520 Ramonville-Saint-Agne

<http://www.eco-etudes.com/>
Tél : 09 77 36 92 04

Crédits visuels : Ecole d'Avignon, Sabine Freytag, Sébastien Gomet, Alexandra Merer, Clarisse Pobel, Yves Mugnier, Muriel Vercez©PnrHJ
Dessins SCIBBA : Lou Pestel

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	4
2. CONTEXTE TECHNIQUE ET NORMATIF DU SECTEUR DE LA RENOVATION ENERGETIQUE	5
2.1. <i>Les enjeux de la rénovation énergétique à l'échelle nationale.....</i>	5
2.2. <i>Les enjeux des matériaux biosourcés en rénovation</i>	7
2.3. <i>Compatibilité des matériaux avec le bâti ancien.....</i>	8
2.4. <i>Le contexte territorial du Parc</i>	10
3. SYSTEMES CONSTRUCTIFS TRADITIONNELS DU BATI ANCIEN	12
3.1. <i>L'habitat rural diffus : Fermes du Haut Jura et du Haut-Doubs.....</i>	13
3.2. <i>L'habitat en centre bourg : Fermes accolées, maison-immeuble de village.</i>	27
3.3. <i>Le patrimoine industriel.....</i>	28
3.4. <i>Vers une réhabilitation</i>	31
4. SCIBBA : SOLUTIONS COMPLETES D'ISOLATION BIOSOURCEE DU BATI ANCIEN.....	36
4.1. <i>Le contexte normatif.....</i>	36
4.2. <i>Le contexte et l'origine de SCIBBA :</i>	36
4.3. <i>Les objectifs</i>	36
4.4. <i>Présentation de l'outil.....</i>	37
5. CONCLUSION	53
6. BIBLIOGRAPHIE :.....	53
7. ANNEXE : SCIBBA, SOLUTIONS COMPLETES D'ISOLATION BIO SOURCEE BATIMENTS ANCIENS :	41

1. INTRODUCTION

Proposer un document cadre qui définit les grands axes de la démarche d'éco-rénovation du Parc naturel régional du Haut Jura n'est pas anodin. En effet, il s'agit de proposer des orientations qui couvrent l'ensemble des enjeux de la rénovation et ceux-ci sont nombreux et complexes.

Parler d'éco-rénovation, c'est aborder le volet énergétique et avoir une ambition réaliste permettant de fixer une trajectoire conforme au défi du facteur 4 (diviser nos consommations énergétiques par 4 d'ici 2050). Quand on sait par ailleurs que le parc bâti en France ne se renouvelle que de 1,5% par an, l'essentiel des bâtiments de 2050 est d'ores et déjà construit, c'est donc bien la rénovation énergétiquement performante qui est la clef de la réussite du facteur 4, lui-même acté par les engagements internationaux de la COP21 signés à Paris.

Parler de performance énergétique en décorrélant l'énergie grise des matériaux de rénovation n'aurait pas de sens, et c'est là le second enjeu : il faut aussi prendre en compte l'énergie ayant servi à l'extraction, la fabrication et au transport des matériaux (regroupé sous le terme énergie grise). Privilégier des matériaux ayant une faible énergie grise oriente naturellement les choix vers des matériaux bio-sourcés (bois, paille, cellulose, chanvre, liège, chaux...), géo-sourcés (terre, pierre...) tout en privilégiant des approvisionnements locaux pour minimiser les impacts de transport et favoriser l'économie locale.

Troisième enjeu, et non le moindre, la préservation et la valorisation du patrimoine architectural du Haut-Jura. La valeur ajoutée des éco-matériaux trouvent ici toute sa place : en effet la plupart des bâtiments anciens sont composés de parois dont la perspirance¹ nécessite d'être absolument préservée. La grande majorité des matériaux industriels étant étanches à la

vapeur d'eau, il est indispensable de s'orienter vers des matériaux bio-sourcés.

La démarche d'éco-rénovation du Parc doit donc à la fois s'appuyer sur ces enjeux nationaux tout en intégrant précisément le contexte culturel, climatique et technique du Haut Jura.

Et parce que nous estimons que l'éco-rénovation du bâti ancien se heurte encore trop souvent à une complexité technique et financière qui aboutit à une absence de prise de décision et de travaux, nous avons élaboré un outil complet permettant d'aider l'ensemble des acteurs techniques de la construction (conseillers techniques, maîtres d'œuvre et artisans) à choisir dans chaque cas précis la bonne solution de rénovation. Désigné sous l'acronyme **SCIBBA**, nous espérons que cet outil (**S**olutions **C**omplètes d'**I**solation **B**iosourcée du **B**âti **A**ncien) permettra de rendre possible ce qui est souhaitable.



¹ Propriété d'une paroi à laisser transiter l'humidité à travers son épaisseur et à la laisser s'évaporer lorsqu'elle arrive à sa surface.

2. CONTEXTE TECHNIQUE ET NORMATIF DU SECTEUR DE LA RENOVATION ENERGETIQUE

2.1. Contexte et enjeux de la rénovation énergétique à l'échelle nationale

→ Le contexte

Le secteur du bâtiment en France contribue à 45 % de la consommation d'énergie finale et au quart des émissions de gaz à effet de serre (GES), ce qui le place en tête du défi de la transition énergétique pour parvenir en 2050 à l'objectif « facteur 4 ». Or, notre parc immobilier est très lent à évoluer puisque son taux de renouvellement est d'environ 1,5% par an. Les efforts doivent donc être portés sur la rénovation des bâtiments existants afin d'en améliorer la performance énergétique.

En France la première réglementation thermique dans les bâtiments neufs est apparue en 1974, date à partir de laquelle les bâtiments sont un tant soit peu isolés. La priorité est donc de rénover tous les bâtiments d'avant cette date, le bâti ancien d'avant 1948 doit être traité avec plus d'attention. Celui-ci, conçu comme un système ouvert à forte inertie n'a bien entendu pas le même fonctionnement thermique que le bâti moderne qui est étanche à l'air, à l'eau, et ventilé de manière artificielle avec un faible stockage thermique.

Pourtant, on observe souvent une rénovation maladroite du bâti ancien basée sur des techniques modernes peu perspirantes qui dénaturent les fonctions de régulation du bâtiment. Il est donc important d'utiliser des matériaux dont les caractéristiques sont en accord avec les propriétés de ces bâtiments.

→ Les enjeux

L'enjeu énergétique et environnemental du secteur du bâtiment repose sur une massification de la rénovation. Cette rénovation affichée et souhaitée par l'ensemble des acteurs ne se développe ni assez vite (en nombre de bâtiments) ni de façon assez ambitieuse (rénovations partielles et peu performantes). Il est intéressant ici de mentionner ci-dessous quelques éléments d'analyse des experts de l'association négaWatt.

Il y a 16 Millions de logements datant d'avant 1975, 533 Millions de m² de tertiaire datant d'avant 1976 et 14 Millions de logements construits entre 1975 et aujourd'hui.

Le gisement d'économie de chauffage sur le parc d'avant 1975 est à lui seul d'environ 240 TWh (chauffage seul) auquel on peut ajouter 10 à 15 TWh pour l'eau chaude, et celui du tertiaire est estimé à 80 TWh. Ces gisements représentent près de 18 % de la consommation totale d'énergie en France.

Rénover ces bâtiments aurait de nombreux avantages :

- Réduction de la facture énergétique des usagers et de la France,
- Réduction du déficit commercial national,
- Limitation du montant de la dette,
- Relance de l'activité économique par la création d'environ 200 000 emplois pérennes, répartis sur tout le territoire et non délocalisables (si on rénove 500 000 logements/an).
- Premier pas efficace pour lutter contre le changement climatique
- Revalorisation du patrimoine ancien souvent en très mauvais état et parfois impropre à l'habitation (assainissement des logements insalubres),
- Lutte contre la précarité énergétique.

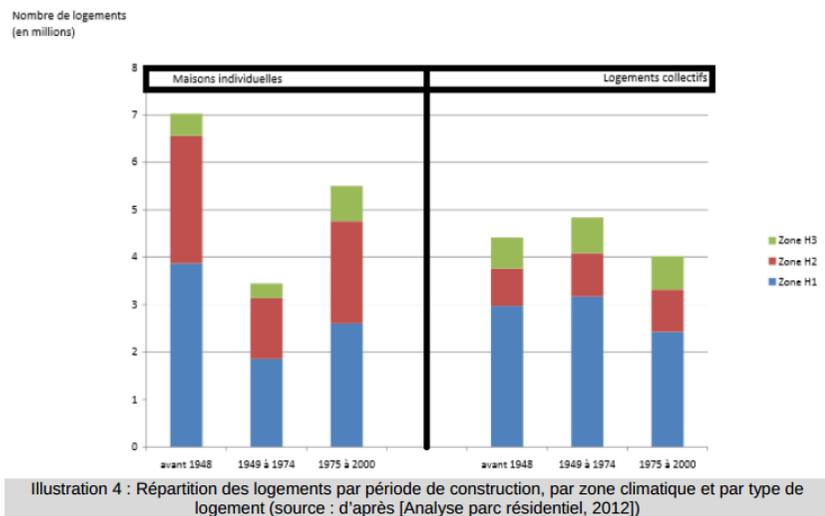


Figure 1 : part du Bâti ancien dans le parc existant, source CEREMA

A quelle vitesse et à quel niveau faut-il rénover ?

- Les lois Grenelle 2007 prévoyaient qu'en 2020 le parc de bâtiments consommerait 38% de moins qu'en 2007. On peut estimer que cela aurait nécessité de rénover 770 000 équivalent-logements / an au niveau de la classe A pendant 13 ans.
- L'art.5 de la loi relative à la transition énergétique (votée en 2015), bien qu'il ne constitue qu'un objectif programmatique, prévoyait de rénover les 5,6 Millions de logements de classes F et G d'ici 2025, soit 560 000 logements/an pendant 10 ans,
- Le scénario négaWatt est construit sur la rénovation, en régime de croisière, de 500 000 logements d'avant 1975/an (atteint en 8 ans en augmentant chaque année le nombre de rénovations de 65 000) auxquels s'ajoutent 280 000 logements d'après 1975 à partir de 2025, ainsi que 27 Millions de m² dans le tertiaire (atteint en 8 ans en 2027), tous rénovés en classe A,

Ce qu'on observe : aujourd'hui le nombre de rénovations complètes et performantes est très réduit.

On peut estimer qu'il se situe autour de 5 000 logts/an au maximum. Toutes les autres rénovations comptabilisées dans les chiffres de 400 000 qui circulent sont des rénovations très partielles ne comprenant parfois que le changement des fenêtres ou l'isolation de la toiture.

Etat des connaissances et des savoir-faire :

- Les premières rénovations complètes et performantes en France ont aujourd'hui 10 ans.
- La rénovation des bâtiments collectifs en logement social est désormais maîtrisée. Le cas de la maison individuelle en secteur diffus, domaine d'intervention des artisans, est plus compliqué. Le coût reste très variable, mais les niveaux de prix devrait baisser dans le futur, grâce à la « courbe d'apprentissage » propre à chaque activité nouvelle,
- Des formations complètes d'artisans existent (travail en groupement, optimisation économique et technique, etc.) en dehors du dispositif RGE, mais il faut les renforcer et les développer,
- Il est aujourd'hui démontré que la seule façon d'arriver à l'objectif en 2050 est de faire des rénovations complètes (donc en une seule fois) et performantes (directement au niveau « BBC rénovation »). Lorsque cette façon de faire n'est pas adoptée, le gisement est inexorablement tué et perdu à jamais. Toutes les rénovations dites par étapes n'iront pas à leur terme, coûteront toujours beaucoup plus chères, et donneront très rarement de bons résultats.
- Il n'est pas plus cher, contrairement aux idées reçues, de rénover en classe A que de rénover en classe C car le centimètre supplémentaire d'isolant ne représente qu'un surcout marginal. Il faut donc toujours rénover directement au meilleur niveau.

2.2. Les enjeux des matériaux biosourcés en rénovation

Le domaine des matériaux de construction et de rénovation biosourcés commence à être à la fois bien documenté et bien cadré d'un point de vue définition, propriétés, utilisations, normes, règles professionnelles...

→ Définition

Les matériaux biosourcés sont, par définition, des matériaux issus de la biomasse d'origine végétale ou animale². Certains font la distinction entre les matériaux biosourcés³, zoosourcés⁴ ou géosourcés⁵. Ils couvrent aujourd'hui une large gamme de produits et trouvent de multiples applications dans le domaine du bâtiment et de la construction, en tant qu'isolants (laines de fibres végétales ou animales, de textile recyclé, ouate de cellulose, chènevotte, anas, bottes de paille, etc.), mortiers et bétons (béton de chanvre, de bois, de lin, etc.), panneaux (particules ou fibres végétales, paille compressée, etc.), matériaux composites plastiques (matrices, renforts, charges) ou encore dans la chimie du bâtiment (colles, adjuvants, peintures, etc.).

² Terminologie définie par la norme NF EN 16575.

³ Matériaux issus de la biomasse végétale

⁴ Matériaux issus de la biomasse animale

⁵ Matériaux issus de la nécromasse organique

→ Liste des principaux matériaux biosourcés

	Isolants thermiques	Autres matériaux isolants
Bois	Fibre de bois Laine de bois	Copeaux de bois
Ouate de cellulose (papier recyclé)	Ouate de cellulose	
Chanvre	Laine de chanvre	Bloc de chanvre Enduit chaux-chanvre Béton de chanvre Chènevotte ou paille de chanvre
Lin	Laine de lin	Anas de lin
Paille		Botte de paille Torchis
Liège	Granulés expansés Panneau de liège expansé ou non	
Laine de mouton	Laine de mouton	
Plumes de canard	Panneau de plumes de canard	
Fibres textiles recyclées dont majoritairement le coton	Fibres textiles recyclées dont majoritairement le coton	
Sous-produits du miscanthus ou d'autres plantes (lavande, épeautre, riz, coco, roseau)		Sous-produits du miscanthus ou d'autres plantes

Tableau 1 : Inventaire des matériaux isolants biosourcés

Figure 2 : liste du rapport CEREMA Synthèse bibliographique Octobre 2016

Au-delà des aspects « impacts environnementaux », recyclabilité ou économique, les avantages de l'utilisation de matériaux isolants biosourcés pour la rénovation thermique du bâti ancien sont liés à deux spécificités principales, à savoir la gestion de la vapeur d'eau et le déphasage thermique qui participe au confort d'été.

2.3. Compatibilité des matériaux avec le bâti ancien

→ Les matériaux isolants

Les murs existants construits sans isolation n'ont pas une performance thermique suffisante pour répondre à nos exigences de confort actuel ainsi qu'à une réduction d'énergie indispensable pour répondre aux défis climatiques auxquels nous nous sommes engagés. Il est donc nécessaire de les isoler. Nous l'avons vu précédemment, le bâti ancien est constitué de matériaux naturels peu transformés, hygroscopiques⁶ et perméables à la vapeur d'eau. Afin de conserver sa qualité hygrothermique mais également son caractère historique ainsi que ses spécificités régionales il est important d'utiliser des isolants d'origine naturelle, le moins transformés et produits le plus localement possible.

Ces isolants naturels sont appelés "biosourcés" car ils sont issus de la biomasse majoritairement végétale : fibre du bois (fibre, laine et copeaux de bois) fibre des fruits (coton, coir de coco), fibres des tiges (pailles de céréales, lavande, lin, chanvre, roseaux, kenaf) fibres provenant de déchets agricoles (rafles de maïs, balles de céréales ou de riz) ou industriels (métisse, ouate de cellulose), mais également animale (plume de canard, laine de mouton). Putrescibles, ils seront remplacés dans les zones humides par des granulats légers d'origine minérale (argile expansée, perlite et vermiculite expansées, pouzzolane,...) ou liège.

Leur structure interne ouverte ainsi que leur caractère hydrophile en font des matériaux hygroscopiques qui ont donc un comportement identique aux parois du bâti ancien : ils peuvent stocker temporairement de l'humidité sous forme de vapeur d'eau ou même d'eau liquide, la faire migrer par capillarité vers des zones de séchage ou d'évaporation. Cette capacité de stockage est très intéressante puisqu'elle offre une régulation du taux d'humidité relative de l'air ambiant, repoussant ainsi le point de

⁶ Un matériau hygroscopique possède la propriété de fixer une certaine quantité de l'humidité contenue dans l'air ou d'eau liquide (à son contact).

rosée. Le changement de phase induit participe au confort et à la performance énergétique en apportant un échauffement par condensation en hiver et un rafraîchissement par évaporation pendant l'été. Ils sont bien entendu ouverts à la diffusion de la vapeur d'eau et ne vont donc pas perturber la stratégie perspirante des murs anciens.

De plus, d'un point de vue environnemental, plus la performance thermique des bâtiments augmente et plus l'impact des matériaux que l'on utilise est important. La mise en œuvre de matériaux de construction biosourcés va donc devenir incontournable pour répondre aux enjeux climatiques. Les filières s'organisent en offrant des approvisionnements locaux.

Par exemple, *Biosys*, un monobloc de chanvre emboîtable sans colle est un produit franc-comtois. Il permet de développer une filière locale : Eurochanvre (à Gray) fournit la matière première grâce à la production de 120 agriculteurs de Bourgogne tandis que l'entreprise Vicat fournit le liant. Clean Insulating technologies SA, produit en Suisse avec de l'herbe de prairies régionales des panneaux isolants *gramitherm*. Dernier exemple avec les solutions d'enduits isolants chaux-chanvre proposés par Tradical qui possède une usine à Besançon.



Enduit chaux-chanvre : archilyon, Pierrick Chevillote

→ Les éléments maçonnés, les éléments structurels

Les mortiers ont un rôle très important : ils donnent une cohérence d'ensemble aux éléments maçonnés et offrent une meilleure répartition des charges. Ils ne doivent pas être assimilés à de la colle. En effet, la construction ne doit pas devenir monolithique et indéformable. Ainsi, les mortiers doivent conserver une certaine souplesse pour permettre aux édifices de mieux supporter les déformations diverses.

Avant de restaurer un mortier il est nécessaire de l'analyser afin d'en employer un aux propriétés identiques. Un mortier est constitué de granulats de liants et d'eau. Les granulats apportent la résistance mécanique. Ils doivent avoir une courbe granulométrique répartie, être propres, inertes et homogènes. Ils peuvent aussi être utilisés pour augmenter l'hydraulicité⁷ grâce à leur réaction pouzzolanique (tuileaux, tuiles, pouzzolane, briques pilées,..) ou pour leur aspect ou leur coloration (poudre de marbres, argiles...).

Les mortiers doivent avoir une capacité capillaire supérieure à celle des éléments de maçonnerie et une résistance mécanique plus faible. Les mortiers à base de terre, de plâtre ou de chaux remplissent ces conditions. Un mortier constitué de liants hydrauliques va présenter une résistance mécanique plus importante et baisser la capacité capillaire. A l'inverse, des mortiers à base de terre par exemple apporteront une résistance mécanique plus faible mais augmenteront la capacité capillaire. Chaque dosage doit donc être adapté aux caractéristiques de la maçonnerie mise en œuvre.

⁷ L'hydraulicité est le caractère des mortiers, plâtres, chaux et ciments pouvant faire leur prise en présence d'eau.

→ Le bois d'œuvre

La valorisation du bois local a donné lieu à plusieurs travaux, études et publications de la part du Parc depuis plusieurs années. Le présent document ne reprend donc pas ces éléments, d'autant plus que le volume de bois d'œuvre en rénovation est bien plus faible qu'en construction ou en extension. L'enjeu de la filière bois pour l'éco-rénovation réside sur le volet isolant (fibre de bois notamment) dont la demande croît assez régulièrement en France et qui peut donner des opportunités à des scieurs de valoriser des coproduits de leur activité.



Artisans du Haut-Jura utilisant le bois local, Pnr Haut Jura

2.4. Le contexte territorial du Parc

Le Parc naturel régional du Haut Jura a des caractéristiques spécifiques qu'il est nécessaire de prendre en compte avant d'envisager une démarche globale et une stratégie de rénovation énergétique.

Parmi les documents cadres fixant la stratégie énergétique, le Plan Climat Energie envisage par exemple d'aller au-delà de l'objectif national des 3X20 et d'atteindre 50% de réduction des émissions de GES d'ici à 2022.

Concrètement, l'un des piliers du Plan Climat Energie réside dans la rénovation énergétique des bâtiments.



Ce Plan Climat Energie est accompagné d'une charte Climat Energie à destination de tous les acteurs du territoire souhaitant s'engager dans cette stratégie.

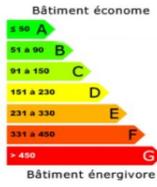
Néanmoins, au regard des objectifs fixés par le Plan Climat en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre, il convient par exemple de :

- Comparer pour un bâtiment donné, les émissions de gaz à effet de serre émis par le bâtiment et par l'ensemble des transports nécessaires à la vie quotidienne de ses occupants (transport scolaire, courses, travail...). Si le bâtiment est en secteur rural, faiblement accessible par les transports en commun, la mobilité douce... il est possible que l'impact « transport » soit prépondérant par rapport à l'impact « bâtiment ». La question territoriale est alors de mesurer la pertinence d'une éco-rénovation énergétique dans des zones excentrées induisant beaucoup de déplacements pour les habitants Un outil simple et facilement accessible sur cette thématique est disponible sur le site d'Effinergie. (<http://www.effinergie-ecomobilite.fr/>).

- La prise en compte de l'énergie grise lors des rénovations : certains bâtiments très dégradés « méritent-ils » une rénovation complète ou faut-il se poser la question d'une démolition/reconstruction ? Les études technico économiques montrent que d'un point de vue énergétique et financier, la rénovation d'une résidence secondaire occupée quelques semaines en période hivernale n'est pas une priorité. Pour les résidences de vacances, dont le taux d'occupation est bien plus élevé, la question d'une rénovation énergétique se pose différemment et peut présenter un fort intérêt patrimonial et en termes d'amélioration du confort.



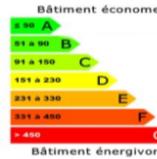
Pour entrer spécifiquement sur chaque bâti ancien, il est par ailleurs important de prendre en compte la différence entre l'approche thermique conventionnelle, basée sur les calculs des 5 usages réglementaires THCeX : chauffage, ECS, éclairage, climatisation et auxiliaires (qui donne une image « dégradée » de la réalité thermique avec une catégorie DPE en G) et l'approche thermique réelle (sur facture énergétique) qui montre que les bâtiments anciens d'avant 1948 sont en moyenne en catégorie C ou D. Autrement dit, les bâtiments anciens ne sont pas si déperditifs que ce que les calculs réglementaires semblent indiquer.



	Maisons individuelles			Immeubles collectifs		
	Avant 1948	De 1949 à 1975	De 1975 à 2000	Avant 1948	De 1949 à 1975	De 1975 à 2000
Consommations énergétiques conventionnelles en énergie primaire de chauffage, de production d'ECS et des auxiliaires (kWhEP.m ⁻² .an ⁻¹)	579 (G)	476 (G)	201 (D)	444 (F)	315 (E)	196 (D)
Effectif	4	4	6	4	4	6
Minimum	557	426	73	308	239	113
Maximum	600	599	325	633	433	345

Tableau 3 : Consommations énergétiques conventionnelles en énergie primaire pour le chauffage, la production d'ECS et les auxiliaires pour différentes périodes de construction et différents types de logements (source : [EPISCOPE, 2015])

Figure 3 : un bâti ancien plus énergivore (calcul conventionnel, THCeX)



	Maisons individuelles		Immeubles collectifs
	Avant 1948	2003	Avant 1948
Consommations énergétiques réelles en énergie primaire de chauffage et de production d'ECS (kWhEP.m ⁻² .an ⁻¹)	139 (C)	110 (C)	176 (D)
Effectif	5	1	5
Minimum	107	/	120
Maximum	205	/	187

Tableau 4 : Consommations énergétiques réelles en énergie primaire pour différentes périodes de construction et différents types de logements (source : [Pré-BATAN, 2007])

Figure 4 : mais une réalité de consommation moindre

Dans la suite de ce document, l'étude respecte l'exigence du programme Effilogis régional qui concerne les critères de performance thermique et de matériaux biosourcés.



Parmi celles-ci, pour une collectivité par exemple, ces exigences dépassent le caractère unique de performance énergétique et portent notamment sur les critères suivants :

- Diminution importante de la consommation,
- Choix d'une ventilation efficace et performante,
- Optimisation de la qualité de l'air intérieur (choix des matériaux, du mobilier et revêtements ainsi que leurs entretiens, système et débits de ventilation, mesures des polluants...),
- Mise en œuvre de matériaux biosourcés,

La démarche d'éco rénovation du Parc du Haut-Jura doit également pouvoir permettre un développement économique local et ceci à 2 titres :

- D'une part en privilégiant des éco-matériaux produits localement,
- D'autre part en permettant à des artisans et des entreprises locales de pouvoir répondre à ces nouveaux marchés de rénovation.

3. SYSTEMES CONSTRUCTIFS TRADITIONNELS DU BATI ANCIEN

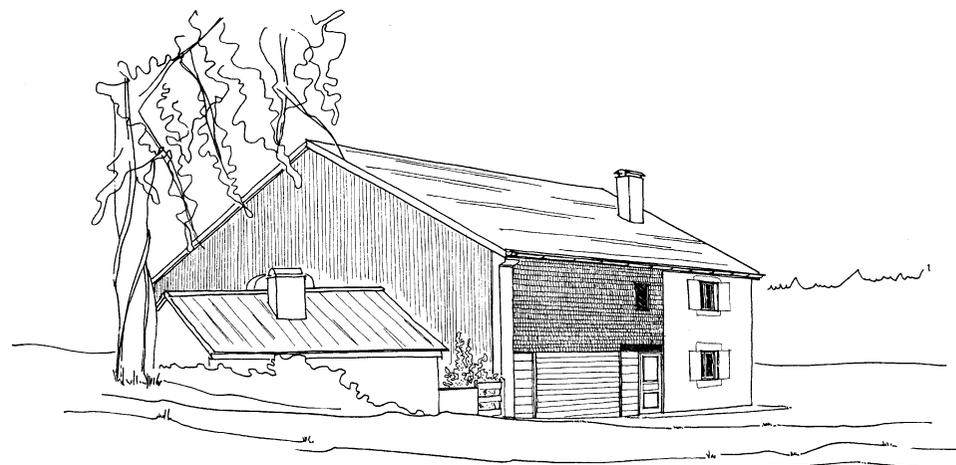
Le territoire du Parc du Haut Jura est riche de son patrimoine architectural qui prend en compte des données géographiques, historiques, urbaines et culturelles. Comprendre et analyser son territoire, c'est donner une chance à une intervention en adéquation avec les enjeux de développement durable et apporter des clés de compréhension pour une rénovation contemporaine réussie.

Le milieu karstique, les sols calcaires, l'eau, les pâturages, la forêt sont les ressources que les habitants ont utilisées au fil du temps, pour vivre, travailler, développer leur savoir-faire et bâtir. Ce patrimoine bâti témoigne de l'aptitude de l'homme à adapter son mode de vie, son activité économique et son organisation sociale à son environnement.

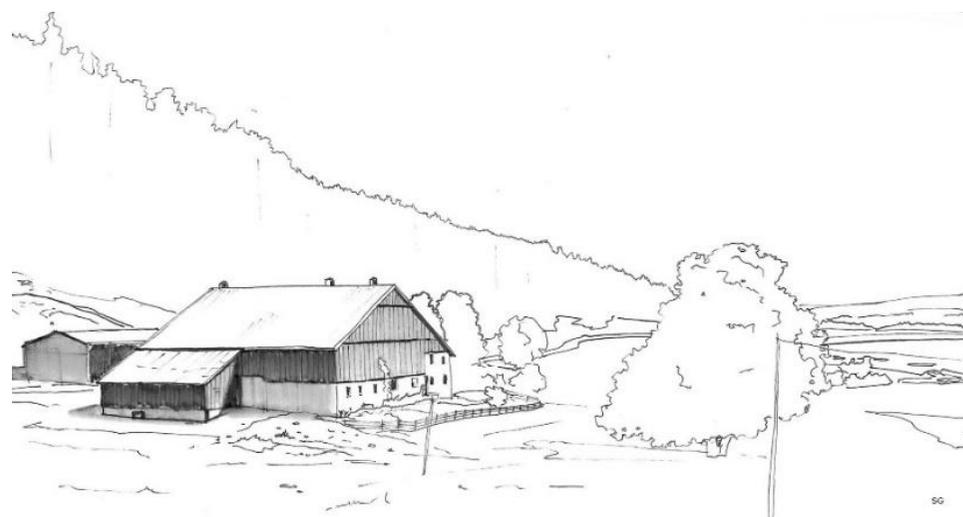
Au croisement de l'ensemble de ces données, ressources locales, modes de vie, paysages, deux typologies bâties dominent dans le paysage du Parc :

- **L'habitat rural diffus** représenté par les fermes du Haut Jura et du Haut Doubs.
- **L'habitat rural en centre bourg** représenté par les fermes accolées, les maison-immeuble de village.

Ces typologies répondent aux besoins d'habitation associés à l'activité agricole et aux activités artisanales complémentaires dans une production de faible volume comme dans l'horlogerie, la lunetterie, la taille du diamant et des pierres précieuses, la tournerie.



Ferme du Haut-Jura



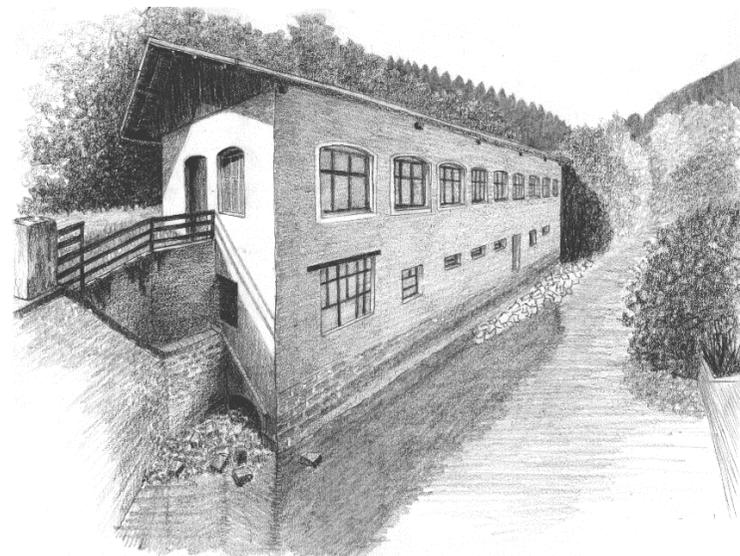
Ferme du Haut-Doubs



Maison-Immeuble de village, les Rousses

- **Le patrimoine industriel et artisanal**, représente également une typologie de bâtiments très présents sur le territoire du Parc.

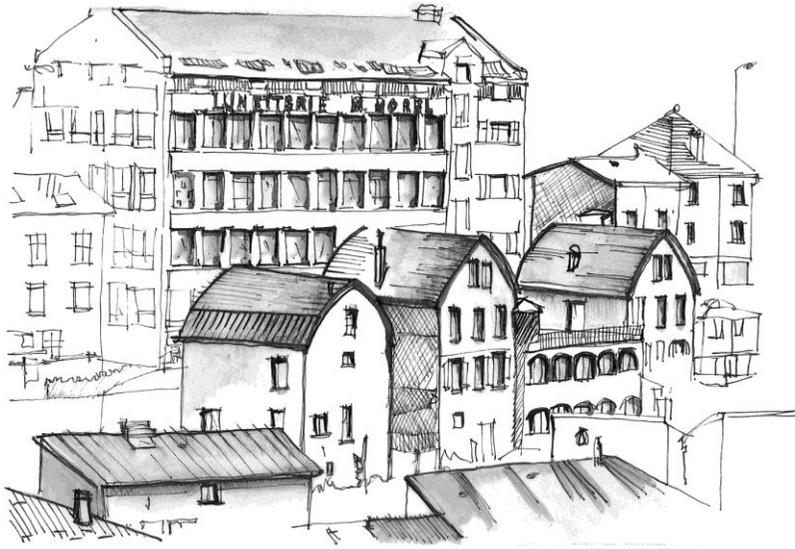
La diversité des activités artisanales et industrielles est le fruit d'une longue tradition de savoir-faire qui s'est étendu à travers le développement des hauts fourneaux, des fromageries, des usines de plasturgie, des marbreries, des minoteries et scieries, des centrales hydroélectrique, des ateliers de diamantaire, de lunetterie, de tournerie-tabletterie, d'horlogerie, et qui dessine le paysage des villes comme Morez, Saint Claude, Bellegarde ou Oyonnax.



Scierie Neyron, Montanges



Usine, Saint-Claude



Usine de lunetterie, Morez

- **Le style art décoratif** est également représenté sur le territoire du Parc, notamment au travers de bâtiments publics : poste, mairie ou immeuble de logements... présents surtout dans les villes.

Cet ensemble ne crée pas à proprement parler une typologie, mais regroupe des bâtiments remarquables qu'il conviendra de préserver lors des opérations de rénovations, réhabilitations. C'est le travail spécifique apporté aux façades : étage de soubassement, mouluration, balcons, encadrements... qui donne à ces bâtiments leur caractère remarquable. L'étude ne traite pas en particulier de ses bâtiments qui restent exceptionnels, mais la rénovation énergétique devra s'envisager par l'intérieur. Une grande attention devant être apportée aux éléments pouvant modifier les façades : occultations, bouches de ventilation... Le suivi de ces projets par un architecte est fortement recommandé.



Logements « sociaux » de la Fraternelle à Saint-Claude



La poste, Bellegarde



La poste de Morez

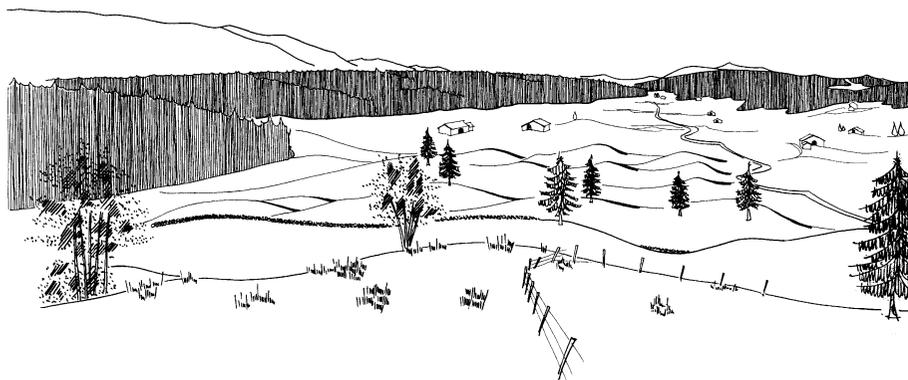


Immeuble de logements, Saint-Claude

3.1. L'habitat rural diffus : fermes du Haut Jura et du Haut-Doubs

→ L'implantation dans la parcelle, l'orientation, l'intégration dans le terrain naturel

La présence de ferme est dominante sur la frange orientale des hauts plateaux du territoire du Parc naturel régional du Haut Jura.



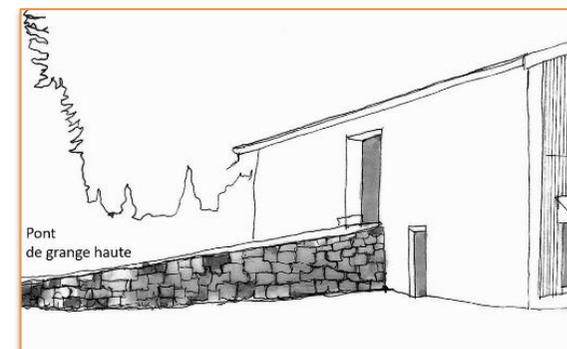
Ce paysage marqué par une succession de plis parallèles orientés selon un axe sud-ouest / nord-est, d'une altitude d'environ 1 000 mètres, est façonné par une tradition agricole et forestière importante. La disposition des différentes fonctions sur la parcelle résulte des exigences entre implantation du bâti, préservation des terres cultivées et pâturées, topographie et climat.

Les principes de l'architecture bio-climatique sont appliqués, le bâti est implanté sur la parcelle de façon à être protégé à la fois des intempéries et des vents dominants, l'exposition des façades tenant compte de l'ensoleillement.

Dans le Haut Jura, le faitage de la ferme est souvent orienté dans le sens des vents dominants (sud-ouest / nord-est) ce qui correspond à l'axe de la combe. Le paysage offre des fermes isolées sur l'ensemble du territoire, le regroupement en village n'a pas été favorisé en raison de la pratique de la mainmorte par l'Abbaye de Saint Claude.

Dans le Haut Doubs, le faitage des bâtiments est plus souvent perpendiculaire à la combe (sud-est / nord-ouest). L'habitat est isolé, les fermes se situent à proximité de la voie et rarement au milieu d'un champ. L'habitat est aussi regroupé en hameaux, le village dit en « tas » se regroupe vers l'église.

Pour tous ces bâtiments traditionnels, la ferme s'adapte au terrain naturel, elle s'insère dans la pente et peut s'y encastrer. Cette disposition permet notamment d'accéder à la grange haute qui est toujours située à l'étage, le foin venant recouvrir partiellement ou totalement le logement créant ainsi un manteau climatique. L'accès à la grange haute se fait soit par le terrain naturel soit par une **levée de grange** ou un pont de grange.



Levée de grange : Remblais de terre permettant aux véhicules agricoles d'accéder à la grange haute.

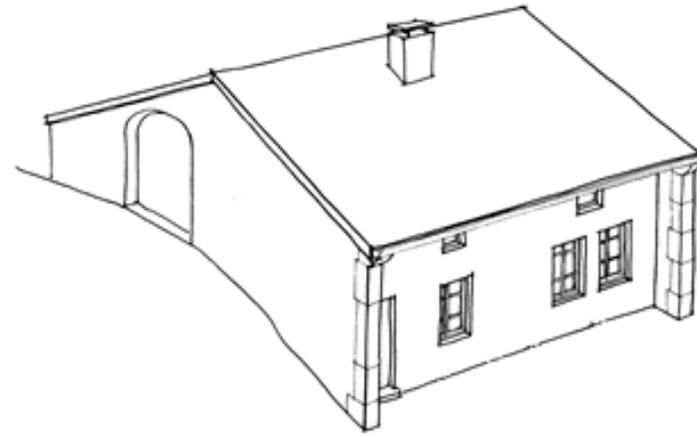
→ **La volumétrie des bâtiments :**

Dans le Haut Jura et dans le Haut-Doubs, l'habitat rural abrite dans le même volume la fonction habitation, avec le logement et l'atelier artisanal, et la fonction agricole avec l'étable, la grange, la cave à fromage...

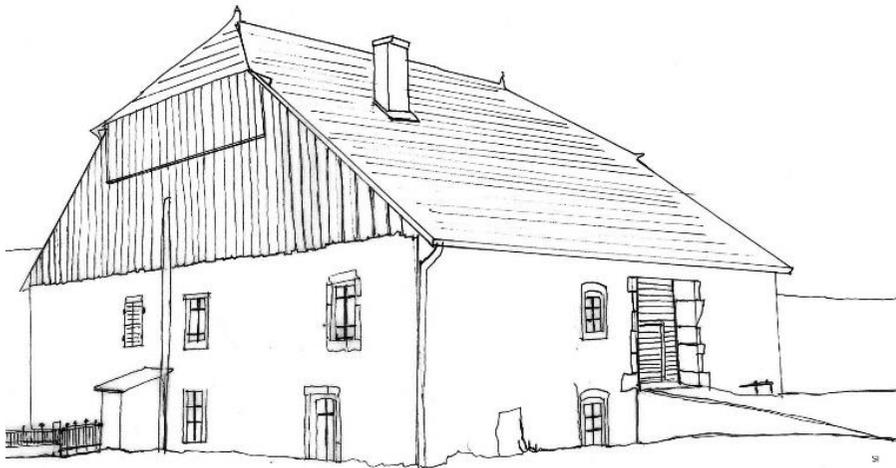
Le bâtiment est de forme simple, d'un volume compact, ramassé avec une emprise au sol rectangulaire, presque carrée, c'est une ferme-bloc.

Ce volume est couvert par une toiture avec 2 longs pans sans ou avec **demi-croupe**. Cette volumétrie permet une bonne adaptation aux contraintes climatiques et une économie de matériaux.

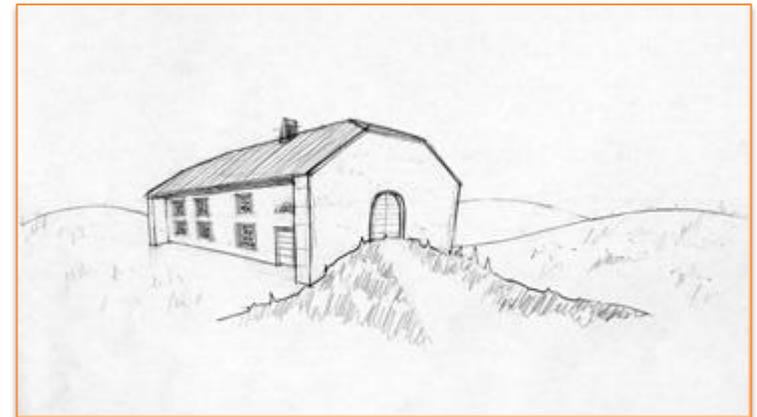
Le volume de la ferme du Haut-Doubs est en général plus important que le volume de la ferme du Haut-Jura. Il peut abriter deux familles, dans ce cas, le volume affecté à l'une et à l'autre se répartit de part et d'autre du faîtage.



Ferme du Haut-Jura



Ferme du haut-Doubs

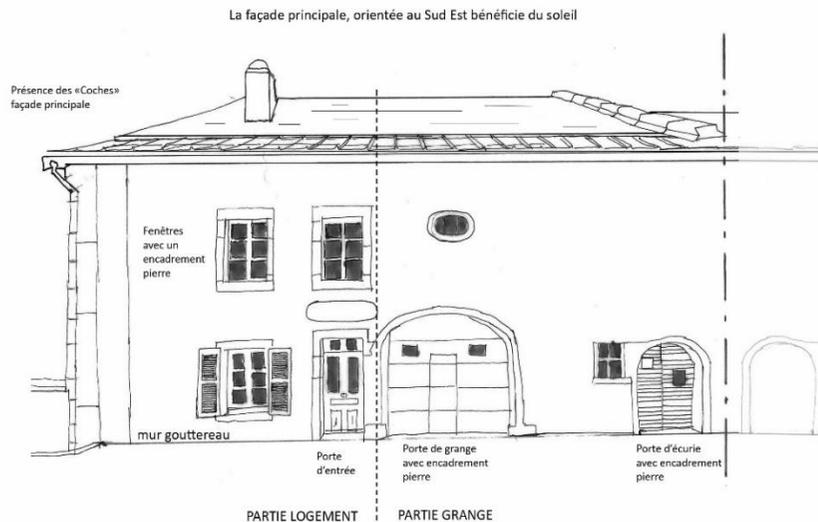


Demi-croupe : C'est une croupe qui ne descend pas aussi bas que les longs pans d'une toiture, c'est un [pignon](#) dont le sommet est remplacé par une petite [croupe](#).

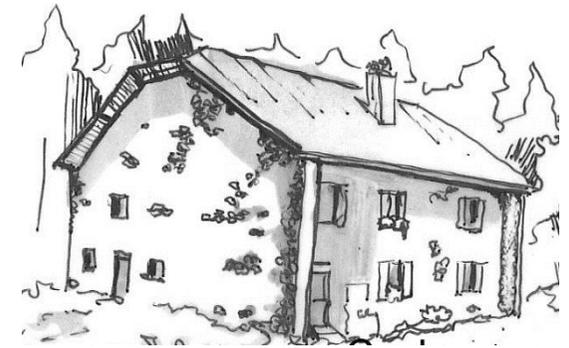
→ Les façades :

Les différentes fonctions abritées dans le bâtiment s'organisent selon son orientation. Les parties logement et activité artisanale étant prioritairement orientées sur les façades bénéficiant de l'ensoleillement, alors que les parties agricoles se situent sur les façades moins bien orientées.

Les façades retranscrivent donc la logique d'organisation du plan de la maison. On y distingue très clairement l'habitation et les locaux agricoles. Les usages et la fonction des espaces dictent également la taille et le nombre d'ouverture en façade, il y a par exemple très peu d'ouvertures dans les murs de la grange.



La façade principale, notamment dans le Haut-Jura, est souvent protégée par des murs pare vent appelés localement « **coches** »



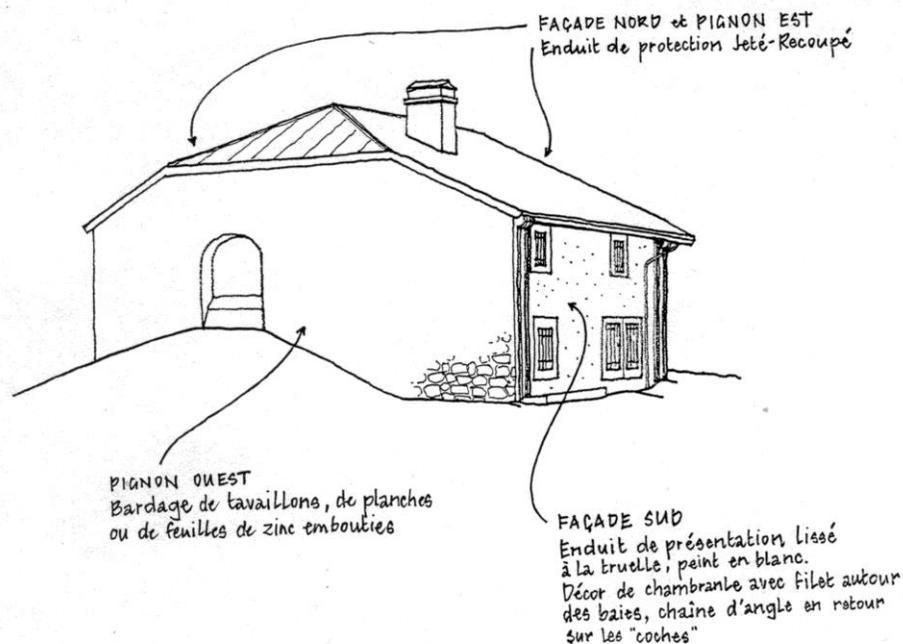
Coche : Les coches sont la prolongation des murs **pignons** sur la façade principale, elles créent un espace protégé des intempéries (pluie, neige et vent).

Dans le secteur du Haut-Doubs, la façade principale est protégée par un avant-toit qui déborde assez largement et peut abriter une galerie pour le séchage. Cet avant-toit prend souvent la forme d'un **coyau**.



Coyau : Pièce oblique d'un versant de toit, portant sur le bas des **chevrons** et adoucissant la pente du versant dans sa partie basse.

D'une manière générale, les façades de la ferme sont également « hiérarchisées ».



Principe des façades hiérarchisées

Elles expriment ainsi :

- A la fois, l'adaptation climatique du bâtiment : la façade sud-ouest, la plus exposée est protégée par des tavaillons d'épicéa, les autres sont recouvertes d'un enduit à la chaux.
- Ainsi que pour la façade principale, la fonction d'accueil : celle-ci est recouverte par un enduit lissé à la truelle et peut être décorée par un badigeon de chaux.

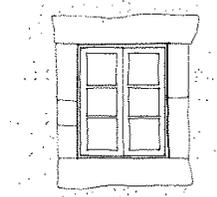
➔ **Les matériaux structurels : maçonnerie et charpente**

La maçonnerie :

Les fermes sont édifiées avec les matériaux trouvés sur place : pierres et bois. Les murs, d'une épaisseur de 40 à 60 cm, sont constitués de moellons de pierre calcaire qui sont assemblés au mortier de chaux.

Dans le Haut-Jura la pierre est utilisée sur la hauteur du bâti alors que dans le Haut-Doubs le soubassement est en pierres, surélevé d'une ossature bois qui supporte la toiture et les planchers.

La pierre de taille est utilisée pour les **chainages d'angles**, les encadrements de portes et de fenêtres. En pierre dure, elle est équarrie et peut subir différents traitements de finition : le bouchardage fin, la réalisation de moulures, des inscriptions datées et plus rarement de décors peints de badigeons de chaux.



Les pierres peuvent avoir une couleur blanche ou ocre et se distinguer alors de la couleur des enduits en constituant un élément esthétique important. Les encadrements peuvent également être peints à la chaux.



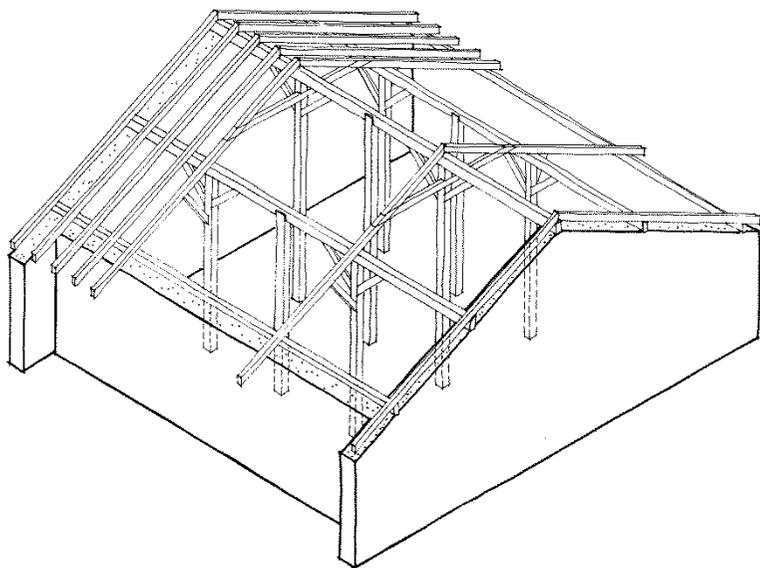
Chaînage d'angle :

Technique de construction permettant le renforcement des angles des murs par des chaînes d'angles. Celles-ci étaient réalisées autrefois avec des assises de pierre solidarisées par des agrafes ou des tiges métalliques noyées dans la maçonnerie et terminées par des ancres.

L'appareillage du mur sud-ouest est plus soigné que pour les autres murs, les joints sont plus minces pour offrir une meilleure protection contre l'humidité et le froid liés aux intempéries.

La charpente :

La charpente de l'habitat rural est une charpente sur colonnes bois.

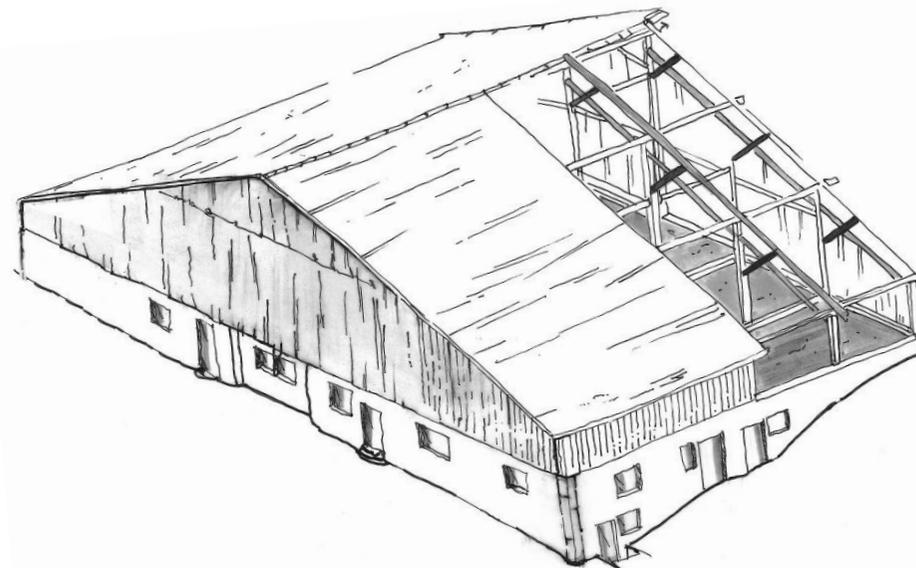


Charpente sur colonnes bois dans le Haut-Jura

Les pannes sont assemblés directement sur les poteaux, les arbalétriers relient les poteaux au faîtage et forment la pente du toit. Les rangées de poteaux sont montées et sont reliées entre elles par des poutres et des contrevents qui empêchent leur écartement et donnent à la charpente une bonne stabilité. Le plancher intermédiaire est en bois, il est ancré dans les murs périphériques, il y a peu de ponts thermiques au niveau de ce plancher.

Le poteau central de chaque rangée joue le rôle de poinçon, c'est-à-dire qu'il répartit les charges du toit et reçoit la panne faîtière.

Dans le Haut-Jura, les murs périphériques montent jusque sous la panne sablière. Dans le haut-Doubs, les murs périphériques s'arrêtent au niveau du plancher intermédiaire et reprennent l'ossature poteaux-poutres supportant la charpente.



Charpente sur colonnes bois dans le Haut-Doubs

→ Les matériaux de parements extérieurs :

Les enduits :

Tous les murs sont conçus pour être recouverts par un enduit à la chaux. L'enduit a pour fonction de protéger contre l'humidité, il absorbe les chocs thermiques et évite la dégradation trop rapide de la structure des murs en pierre.

Les enduits sont une préparation pâteuse ou semi-fluide, destinée à être appliquée en couche continue sur un subjectile⁸ pour lui donner une surface uniforme décorative et le protéger des intempéries. Un enduit dit traditionnel est un mortier de chaux et de sable qui est constitué de trois couches :

- **Le gobetis** : couche de mortier, irrégulière et rugueuse appliquée en couche préparatoire d'accrochage d'un enduit.
- **Le corps d'enduit** : seconde couche qui recouvre la maçonnerie, elle est de 4-5 cm d'épaisseur. C'est une couche grossière qui comble les aspérités du mur et offre une surface plane.
- **L'enduit de finition** : parement, c'est lui qui donne l'aspect esthétique à la façade. Cette couche peut donc avoir plusieurs traitements : lissé à la truelle, jeté-recoupé... Il est préférable d'utiliser des enduits à la chaux pour ne pas rendre le support étanche.



*Pour en savoir plus :
Ouvrage disponible au Parc du Haut-Jura,*

⁸ Subjectile : Surface externe sur laquelle le peintre applique une couche d'enduit, de peinture, de vernis. Pour la première couche, le subjectile s'identifie au matériau qui est appelé à recevoir le système d'enduit.

Les enduits que l'on retrouve sur le territoire en milieu rural :

- L'enduit jeté – recoupé

Ces enduits sont appliqués sur les façades postérieures, latérales, mais aussi en façade principale. Ils peuvent être peints à la chaux, surtout en façade principale.



- L'enduit serré, lissé à la truelle

C'est l'enduit le plus ancien appliqué en France, on le trouve en façade principale et à l'intérieur des bâtiments. Il peut être utilisé, en complément ou au lieu d'un badigeon de chaux.

Le badigeon apportant le plus souvent un décor peint : décor floral sous avant-toit, encadrement de baies peint, chaînes d'angle harpées ou droites...



L'enduit à la chaux est imperméable à l'eau de ruissellement et protège le gros œuvre des intempéries. Il est, par contre, microporeux et donc perméable à la vapeur d'eau.

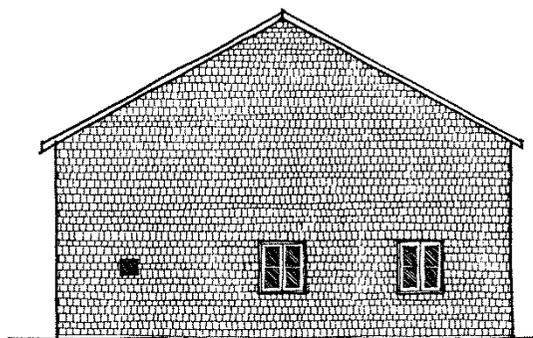
Ces propriétés évitent la condensation et l'apparition d'efflorescences, de salpêtre, de moisissures dans le bâtiment. Associé à d'autres matériaux comme le chanvre, il a des vertus isolantes, tant d'un point de vue phonique que thermique. Globalement, il génère ainsi une nette amélioration du confort intérieur.

L'enduit de finition nécessite toutefois un entretien régulier.

Les bardages :

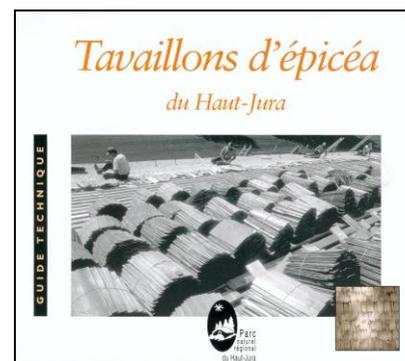


Dans le Haut-Jura, les façades exposées sud-ouest sont soumises à des conditions climatiques rigoureuses : exposition au vent, à la pluie et aux chocs thermiques. Les habitants ont donc protégé leurs façades avec un bardage en « tuiles de bois » appelé tavaillons ou avec un bardage métallique.



Le tavaillon est un bardeau d'épicéa fendu de dimensions variables selon les secteurs du Parc. Sa dimension standard est de 30 à 33 cm de long, de 4,5 à 16 cm de large environ.

Utilisé en couverture et en bardage vertical, le tavaillon est un matériau performant, par sa longévité et pour la protection qu'il apporte à la façade. Il ne nécessite aucun traitement et peu d'entretien. De plus, il est local.



Ouvrage disponible au Parc du haut-Jura

Le bardage métallique est en zinc naturel, prépatiné ou en tôle galvanisée. La mise en œuvre de petits éléments est privilégiée dans des feuilles métalliques à ondes verticales.



Le zinc naturel, possède une surface brillante. Une couche protectrice, appelée patine (gris clair semi-mat) se forme naturellement avec le temps au contact de l'atmosphère. Elle garantit une protection de longue durée contre les intempéries.

La patine protectrice résulte d'un procédé de traitement de surface d'un zinc naturel, obtenue par un traitement chimique par phosphatation. Ce procédé de prépatinage permet, de donner au zinc un aspect patiné dès le départ.

La **tôle galvanisée** est une feuille de fer ou d'acier sur laquelle a été appliquée une mince couche de zinc destinée à la protéger de l'oxydation (rouille). La tôle galvanisée sert de couverture à certains bâtiments et hangars.

Les ouvertures disposées en façade sud-ouest sont protégées par des **auvents** en tavaillon ou en métal selon le matériau de bardage de la façade. Ces auvents prennent différentes proportions et formes selon les secteurs du Parc.

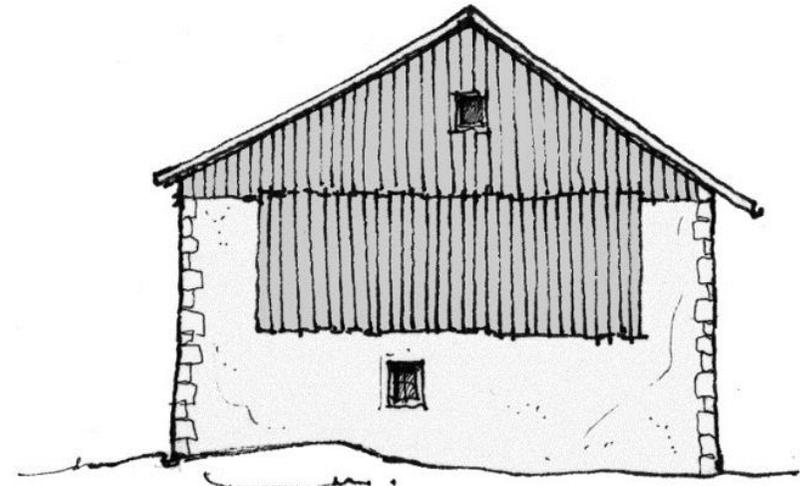


Auvent :

Petit toit en surplomb, à un seul pan ou 3 pans, couvrant un espace à l'air libre situé devant une baie ou une façade, destiné à protéger l'habitation du vent et du soleil.

Dans le Haut-Doubs, ce n'est pas tant l'orientation du bâtiment qui impose le bardage mais plutôt la structure porteuse.

En effet, la partie haute de la ferme est en bois et doit être recouverte d'un bardage. Celui-ci est en planches à couvre-joints, il est également appelé : lambrechure. Les planches sont posées verticalement, elles sont légèrement espacées et recouvertes d'un couvre-joint ce qui permet d'aérer et de sécher le foin de la grange.



Planches à couvre-joints, Haut-Doubs

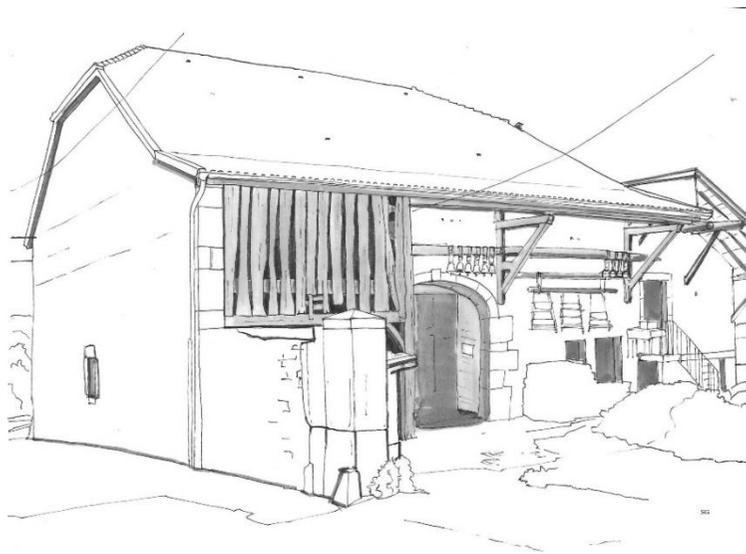
La couverture :



Les conditions climatiques comme les précipitations, la neige, les écarts de température entre le jour et la nuit nécessitent des matériaux résistants en toiture. Autrefois, les toitures étaient en tavaillons ce qui présentait comme avantage de retenir la neige et ainsi de créer une couche isolante, d'absorber les chocs thermiques.

Aujourd'hui les matériaux utilisés sont le zinc prépatiné, la tuile mécanique ou la tôle galvanisée.

La forme des toitures répond également aux contraintes climatiques.



Ferme du haut-Doubs avec galerie et coyau

La toiture est généralement constituée de deux longs pans, d'une pente de 20 à 30° dans le Haut-Jura et d'environ 30° dans le Haut-Doubs. Ces dimensions permettent la récupération des eaux de pluie, conduites par des chéneaux dans des citernes.

Les demi-croupes dans le Haut-Jura, l'absence de saillies de rive en pignons favorisent l'effacement aux vents et évite l'arrachement de toiture.

Dans le Haut-Doubs, le débord important de 1,00 à 1,50m sur la façade gouttereau appelé « souleret », protège les maçonneries des intempéries et laisse un passage au sec autour de la maison. Ce débord peut être soutenu par des consoles en bois.

→ Les percements, les menuiseries :

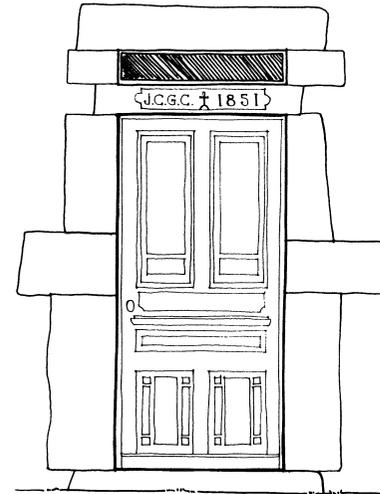
La disposition et la forme des percements dans les façades sont en accord avec l'époque de la construction : les possibilités techniques ne permettaient que rarement de grandes ouvertures, les contraintes climatiques fortes et dont on ne savait pas bien se protéger, militaient pour des baies plutôt étroites.

Il y a donc une certaine unité dans la forme des baies qui sont plus hautes que larges et de dimensions restreintes. Cela permet également de contrôler les apports lumineux et de se protéger du froid en hiver et de la chaleur en été.

Les menuiseries sont en bois et constituées de deux vantaux à trois carreaux, elles sont très souvent doublées (système de double fenêtre) pour une meilleure protection contre le froid.

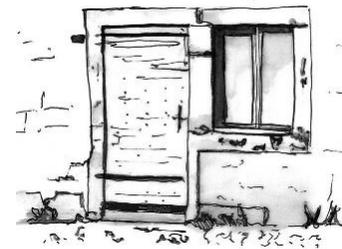


La porte de l'habitation, étroite, pleine, en bois et d'un seul battant est souvent surmontée d'une [imposte](#) vitrée permettant d'augmenter la quantité de lumière entrante.

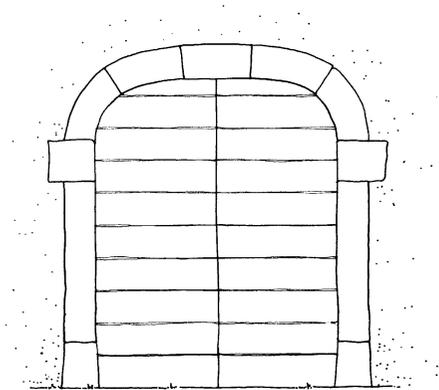


La porte d'étable ou d'écurie est de dimension modeste. Elle est pleine, en bois et peut être percée d'une petite ouverture pour l'éclairage et la ventilation de l'écurie. Cette fonction peut aussi être assurée par une petite fenêtre jointive à la porte : le [fenestron](#).

Le [linteau](#) de cette porte est droit, soit en pierre de taille, soit en bois.

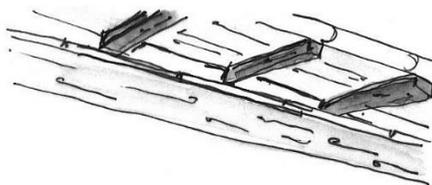


La porte de grange est dimensionnée par le passage d'une charrette. Cette porte se situe soit en [mur pignon](#), soit sur le [mur gouttereau](#) arrière. La baie est pour la plupart du temps arquée, en [anse à panier](#), en [plein cintre](#) ou à linteau droit. L'accès de la grange s'effectue par la levée de grange, ou pont de grange, ou par le terrain naturel lorsque le terrain le permet.



Perçement en anse de panier

Des oculi sont parfois présents en façade. Ils sont ronds ou ovales et éclairent les parties agricoles. En partie d'habitation, on peut en trouver au niveau de l'escalier, mais aussi au premier étage, pour aérer les combles. On trouve aussi au niveau des combles de toutes petites ouvertures, destinées à ventiler les greniers.



3.2. L'habitat en centre bourg : fermes accolées, maison-immeuble de village.



Maisons accolées en village

Les fermes accolées, les immeubles de villages, de villes ont des caractéristiques constructives proches de celles des fermes du Haut-Jura et du Haut-Doubs : murs en moellons calcaires, pierres de taille en encadrement de baies, chaîne d'angle, enduits à la chaux avec parfois décors peints, planchers en bois intermédiaires, charpente en bois, bardage suivant l'orientation....

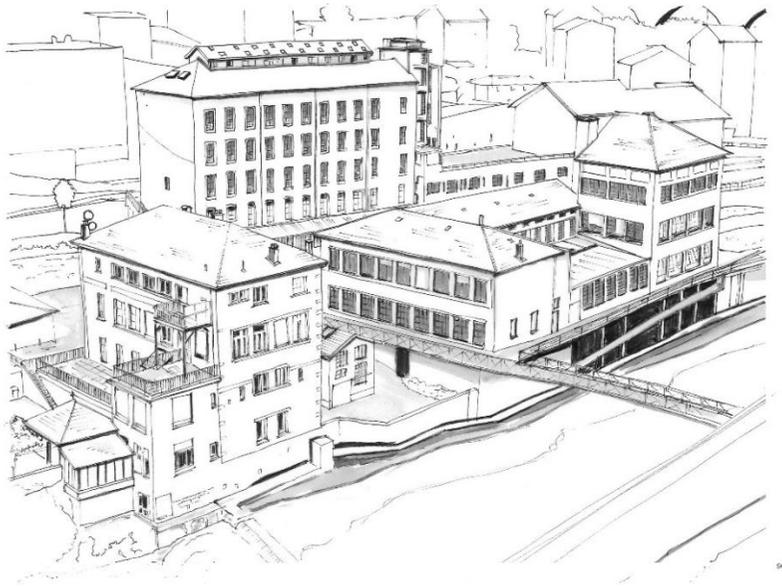
Les bâtiments accolés sont le regroupement de bâtis indépendants formant une masse bâtie avec des alignements et des continuités de façades gouttereaux, sans être pour autant des copropriétés. Cette particularité incite à une certaine vigilance lors d'opérations de rénovation thermique par l'extérieur : il conviendra de tenir compte des réglementations

concernant le domaine public et le voisinage et de favoriser les rénovations de l'ensemble des propriétaires afin d'obtenir un résultat global cohérent. Si ce consensus n'est pas obtenu, il sera plus judicieux de procéder par des rénovations thermiques intérieures.

3.3. Le patrimoine industriel

→ Les activités artisanales et industrielles :

Historiquement, l'artisanat et l'industrie sur le Parc du Haut-Jura sont surtout représentées par des activités liées à la tournerie-tabletterie, les scieries, la lunetterie, l'horlogerie, la diamanterie, la plasturgie. Cette industrialisation atteint son apogée au 20^{ème} siècle.



Saint-Claude - usine

La nature de ces activités correspond à la géographie physique et humaine du territoire.

Le milieu naturel environnant propose la matière première et l'énergie nécessaire aux activités :

- les contreforts du massif jurassien, calcaires marneux et argileux renferment des bancs de sel, de gypse et des ressources minières.

- la présence massive de la forêt fournit le bois pour de nombreuses activités,
- l'existence de cours d'eau dans les cluses, combes, ruz et reculées donne à l'industrie la force motrice pour le fonctionnement des machines...

Le climat rude en hiver, la nécessité de la pluriactivité conduisent à un mode d'organisation associant travail à domicile et en coopérative. La production est de faible volume mais à forte valeur ajoutée avec l'horlogerie, la lunetterie, la taille du diamant et des pierres précieuses.

Aujourd'hui, ce territoire est imprégné d'une culture artisanale et industrielle forte qui se lit dans le patrimoine bâti existant. Les villes comme Saint-Claude, Morez, Oyonnax, Bellegarde, Pontarlier... disposent d'un fort potentiel de bâti lié à ces activités, celui-ci est souvent vacant et sa réhabilitation est un enjeu dans le contexte actuel d'économie de foncier, d'urbanisme frugal, de confortement des bourgs-centres.

La tournerie, tabletterie, scierie...

Les industries du bois sont représentées par les fabriques de mesures linéaires, les scieries, la tournerie-tabletterie, l'industrie de la pipe, les menuiseries et usines d'ameublement, la boissellerie, les usines de pipes...



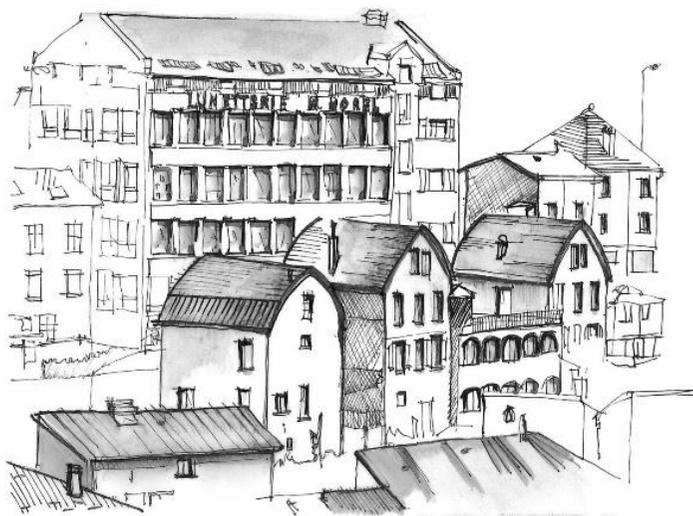
Foncine le Bas - scierie, centrale hydroélectrique

La lunetterie, l'horlogerie

L'industrie métallurgique se distingue par des usines de production : usines de transformation fabriquant poêles, radiateurs, chaudières, matériel d'équipement pour scieries, forges et moulins, machines à vapeur et turbines. En montagne, les " forges " regroupent laminoirs, martinets, clouteries, tréfileries...

L'horlogerie, liée à la métallurgie est influencée par la Suisse.

La lunetterie est directement issue de la petite métallurgie : clouterie puis tréfilerie.



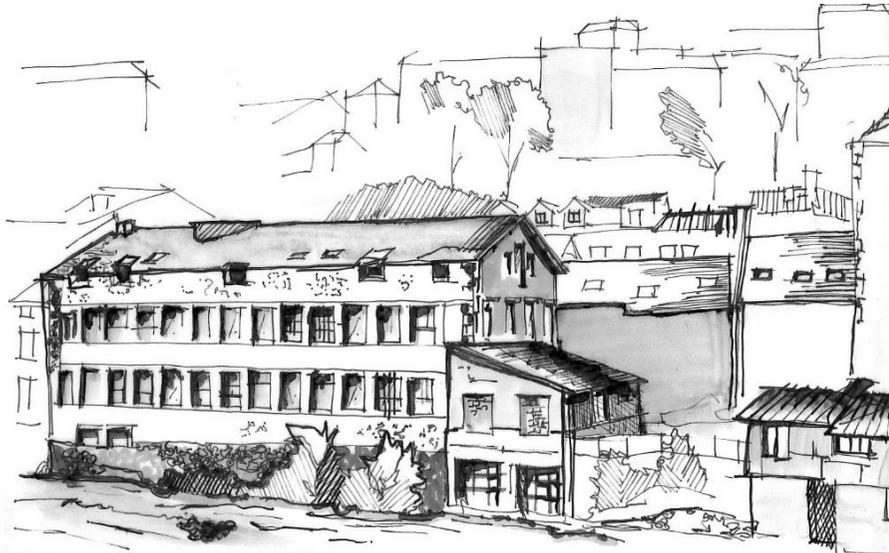
Morez - Usine de lunetterie



Usine d'horlogerie, puis usine de lunetterie

La taille de diamant

A cause de sa dureté, la taille du diamant est longue et requiert une énergie dépassant la force humaine, ce pourquoi les usines se regroupent sur les cours d'eau. Avec l'électricité apparaissent des ateliers plus modestes, souvent fondés par des coopératives.



Usine de taille de pierre pour la joaillerie et l'industrie dite diamanterie Le Diamant

La lapidairerie

Connue dans la région de Saint-Claude, la lapidairerie s'y développe grâce à l'horlogerie, à laquelle elle fournit des rubis taillés servant de support de pivots dans les montres. La taille pour la joaillerie (pierres précieuses et pierres fausses) prend de l'importance et avec le temps, la mécanisation entraîne la disparition des ateliers à domicile, à l'exception de ceux travaillant les pierres fines.

La plasturgie

Cette branche industrielle est directement dérivée de la tournerie et elle est progressivement adoptée par la plupart des usines de jouets. A Saint-Claude, la fabrication est alimentée par le marché des tuyaux de pipes. Certaines matières plastiques sont mises en œuvre à Oyonnax.

→ Description des bâtiments :

Comme pour les fermes, le matériau de construction le plus communément rencontré en structure est le moellon calcaire, la pierre de taille. Avec l'industrialisation, le développement des techniques et des moyens de communication qui permettent la diffusion de nouveaux matériaux vient s'ajouter la brique et le métal dans la seconde moitié du 19^{ème} puis le béton armé, le parpaing début 20^{ème}.

Les mises en œuvre de ces matériaux sont identiques à celles utilisées pour l'habitat traditionnel.

Les façades les plus exposées peuvent également être protégée par un essentage de bardeaux (tavaillons), de planches ou de tôle. Elles sont cependant plus généralement entièrement recouvertes d'un [enduit à la chaux](#) afin de respecter l'équilibre hydrique de l'ensemble.

Les briques, quant à elles, sont utilisées en jambage⁹ d'ouvertures ; le métal, en linteau. Ainsi les façades de ces bâtiments sont marquées par la présence de larges baies, toutes identiques et disposées à intervalles réguliers, qui garantissent une luminosité intérieure uniforme.

La charpente des bâtiments artisanaux est jusqu'au 19^{ème} une charpente traditionnelle en bois. Les toitures sont constituées de deux pans recouverts en tuiles ou en métal. Le shed, qui représente l'architecture industrielle, ne se rencontre que rarement et surtout en ville.

Fin du 19^{ème} siècle, en milieu urbain, les charpentes métalliques apparaissent et sont plus largement utilisées.

A l'intérieur des bâtiments les étages ont de grandes hauteurs permettant l'installation des machines. La structure des planchers est conçue avec des poutres importantes pour supporter le poids et les vibrations des machines. En façade les hauteurs entre niveaux sont donc identiques, contribuant à la régularité de l'ensemble. Les bâtiments constituent une parfaite adaptation d'une forme architecturale à une fonction.

⁹ Montant vertical d'une ouverture soutenant le linteau

3.4. Vers une réhabilitation



La mairie de Bellegarde-sur-Valserine

→ Les préalables à la rénovation thermique d'un bâtiment ancien

Les enjeux architecturaux et fonctionnels

Lors de la rénovation d'un bâtiment ancien, une attention particulière doit être portée sur les caractéristiques patrimoniales de l'existant afin d'assurer la meilleure intégration possible du projet dans son environnement paysager, urbain et architectural.

Le choix du mode d'isolation (intérieur ou extérieur) repose en partie sur des critères patrimoniaux et architecturaux ainsi que sur la réglementation d'urbanisme existante.

Un bâtiment ancien, même rural et en secteur diffus, possède souvent des façades extérieures ayant une qualité architecturale et des caractéristiques techniques qu'il convient de préserver : moulures, décors peints, encadrements de baies, volets bois, enduits à la chaux adaptés à la perspiration...

Par ailleurs, en centre bourg, la mitoyenneté du bâti entre propriétaires indépendants et la difficulté à engager des opérations d'ensemble pénalise les solutions d'isolation par l'extérieur.

La réutilisation de bâtiments existants nécessite également de s'interroger sur les nouvelles fonctions à abriter, les nouveaux besoins à satisfaire pour les usagers en matière de confort thermique, acoustique, santé, les normes techniques dont la rénovation doit tenir compte...

Dans un contexte où la réutilisation de bâtiments existants devient prégnant pour des questions de densification, de réduction de la consommation foncière, cette réflexion autour des nouveaux usages est primordiale et doit être correctement menée.

De même, aborder la rénovation énergétique d'un bâtiment n'exonère pas de s'interroger sur l'adaptation du bâtiment aux usages en cours dans celui-ci. Bien souvent des problèmes de fonctionnalité, de mise en conformité avec de nouvelles normes (par exemple accessibilité handicapés) existent... Rénover énergétiquement est donc l'occasion de s'interroger plus globalement sur l'ensemble des travaux à engager, que cela soit thermiquement mais également fonctionnellement et réglementairement.

Le diagnostic thermique

Avant d'engager une rénovation énergétique, il est également nécessaire de réaliser un 1^{er} diagnostic thermique du bâtiment.

La performance énergétique du bâtiment doit être évaluée globalement, en prenant en compte l'ensemble des sources de déperdition ou d'apport thermiques : toiture et plafonds, sols, portes et fenêtres, ponts thermiques, ventilation et murs.

Les équipements de chauffage (production ou distribution), les dispositifs de ventilation existants doivent également être analysés afin d'envisager les travaux à venir.

Les parois extérieures et façades doivent être étudiées précisément que l'on envisage de recourir à une isolation thermique par l'extérieur (ITE) ou intérieure (ITI) :

- Repérer les caractéristiques des façades qu'il conviendra de respecter si l'on envisage une rénovation thermique par l'extérieur : débord de toiture, départ de sol, appuis de fenêtres...
- Repérer les éléments de fixation en façade : antenne, volets, évacuation d'eau pluviale... Elles devront être prévues en cas d'ITE.
- Evaluer l'état du support et la planéité de la façade, sa résistance afin de confirmer sa capacité à admettre une ITE,
- Evaluer les problèmes d'étanchéité à l'air du bâtiment, des façades, fenêtres, toitures...
- Repérer l'environnement extérieur des façades pour gérer le risque aux chocs, la végétation proche, les éclaboussures et salissures dues à un revêtement extérieur imperméables...
- Déterminer l'orientation par rapport au soleil et aux intempéries et éventuellement installer des dispositifs complémentaires de protection,
- Examiner l'intérêt des décors intérieurs si l'on envisage une ITI,
- Connaître la composition du mur et en particulier la nature du revêtement extérieur afin d'estimer les risques de condensation après isolation.

Les pathologies humides et structurelles

Comme nous l'avons vu précédemment, le choix du mode d'isolation (intérieure ou extérieure) repose en partie sur des critères patrimoniaux, techniques, réglementaires et économiques certes, mais aussi sur l'hygrométrie des parois et la nature des matériaux présents.

Avant d'envisager des travaux il est impératif de comprendre le fonctionnement initial de l'édifice afin de ne pas perturber son équilibre et ne pas compromettre sa pérennité. Cela passe par un inventaire des

matériaux présents, une reconnaissance des structures et techniques de construction et un état des lieux des pathologies.

Les constructions anciennes bien entretenues ne présentent pas de problème puisqu'elles ont été conçues pour éviter les problèmes d'infiltration d'eau et pour gérer l'humidité (fondations et soubassements construits en pierres plus denses, débord de toiture ou protection des murs par un bardage, ventilation naturelle continue, utilisation de matériaux hygroscopiques et ouverts à la vapeur d'eau...). Les murs anciens, pleins et poreux, ont la capacité de stocker temporairement de l'humidité puis de l'évacuer par capillarité et évaporation.

Pourtant, la plupart des pathologies du bâti ancien sont dues à l'humidité. Le manque d'entretien, les changements apportés par de mauvaises interventions (drain mal positionné, étanchéisation des parois, obstruction de système d'aération...) ainsi que des modifications de l'utilisation (mise en place d'un chauffage, aménagements d'espaces tampons...) ou de l'environnement (étanchéisation des sols, plantation à proximité, encombrement des évacuations d'eau...) sont à l'origine d'une concentration d'humidité trop importante. Si cette humidité accumulée ne trouve plus de possibilité de séchage (enduits ou joints réalisés avec des matériaux hydrofuges) elle va monter par capillarité de plus en plus haut dans le mur et peut atteindre des éléments sensibles à l'eau (solives en bois par exemple) et provoquer leur pourrissement. Cela nuit également à la cohésion globale des éléments du bâtiment (joints en décomposition...).



Avant toute intervention il est donc nécessaire de réparer les erreurs commises et de veiller à ne pas les aggraver par les travaux envisagés¹⁰.

Cette analyse montre que globalement, les murs contemporains sont plus résistants à la diffusion de vapeur et moins capillaires que les murs anciens et justifie donc l'approche simplifiée que l'on peut par exemple retrouver dans les fiches ATHEBA (illustration 6).

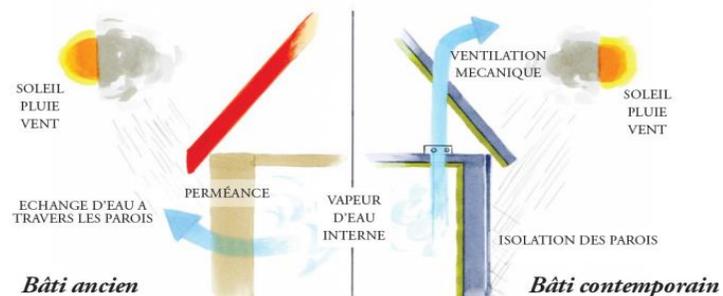


Illustration 6 : Équilibre hygrothermique pour le bâti ancien et le bâti contemporain (source : [fiches ATHEBA, 2011])

Comportement hygrothermique selon le type de parois

Ces désordres sont de différentes natures :

- La détérioration des fondations (mouvements de terrain et remontées capillaires),
- La détérioration des maçonneries : aplomb, présence de ventre, déchaussement des pierres, perte de joints maçonnés (mauvaise construction, défaut d'entretien et mouvements de terrain),
- La présence de fissuration (fissure régulière provenant d'une charge excessive ponctuelle, fissures irrégulières provenant d'un mouvement de terrain ou d'une poussée, écartement de deux façades),

¹⁰ L'Ajena, en partenariat avec Samuel COURGEY de l'association Arcanne, met à disposition des professionnels un outil d'aide à la prescription pour des solutions d'isolation adaptées aux risques liés à l'humidité dans les murs et notamment de vérifier que l'isolation bio-sourcée est adaptée.

<http://www.ajena.org/renovact/boite-outils.htm>

- La détérioration des enduits : soubassements abimés (rejaillissements et remontés capillaires), faïençage (enduit trop gras), poudrage (enduit trop sec) décollement des parements (humidité dans les murs), désordres sous les saillies (effet gouttière),
- La détérioration des pièces de bois : pourrissement (défaut d'aération, présence d'eau), déformation des solives (surcharge), versement des fermes, attaque de xylophages.

➔ Le recours à des professionnels de la construction

Comme on peut le constater, la rénovation énergétique d'un bâtiment ancien pose des questions plus larges que la simple isolation du bâtiment, ces questionnements peuvent conduire à recourir à des professionnels de construction.

Le programme architectural, fonctionnel et technique ou l'étude de faisabilité

L'ensemble de la réflexion à conduire en amont du projet, qui concerne des champs architecturaux, fonctionnels et techniques, est primordiale et conditionne la réussite de la réhabilitation, sa pérennité dans le temps. Ce travail permet également au maître d'ouvrage de bien dimensionner économiquement les travaux à engager.

Cette réflexion préalable est finalisée sous la forme d'un document écrit, même sommaire, qui concrétise le programme du maître d'ouvrage et l'enveloppe financière prévisionnelle qui sera consacrée aux travaux. En maîtrise d'ouvrage publique ces éléments sont obligatoires et nécessaires à la consultation d'une équipe de maîtrise d'œuvre (loi MOP).

Pour se faire, selon la complexité et l'ampleur du projet, le maître d'ouvrage peut se faire aider par un spécialiste : programmiste, architecte, BE thermique...

Le projet architectural et technique, le suivi des travaux :

Avant de passer à la réalisation des travaux et selon l'importance du projet, il est parfois nécessaire de passer par une phase de conception du projet, cette phase permet en particulier de préparer les documents de consultation des entreprises (descriptif et quantitatifs).

C'est donc une étape importante qu'il ne faut pas négliger, elle peut être confiée à un architecte¹¹ notamment si des modifications d'espaces, de volumes, de façades sont envisagées, éventuellement à un bureau d'études techniques si les travaux sont de faible importance et ne concernent que des aspects thermiques.

Lors de la réalisation des travaux, le maître d'ouvrage peut également faire appel à des professionnels de la maîtrise d'œuvre (architecte, conducteur de travaux, bureaux d'études techniques) afin de vérifier que les travaux mis en œuvre sont conformes au cahier des charges, de coordonner les entreprises appelées à intervenir et de gérer les interfaces entre elles, celles-ci étant très importantes pour garantir la performance énergétique du bâti.

→ **Isolation thermique par l'intérieur (ITI) ou isolation thermique par l'extérieur (ITE)**

Afin de préserver les caractéristiques du bâti, de la rue dans laquelle s'insère ce bâti, les **recommandations prescrites dans ce document s'orientent vers une isolation intérieure.**

Ce mode d'isolation ne sera toutefois possible que si la modénature intérieure ne présente pas d'intérêt patrimonial majeur et s'il n'y a pas de risques de pathologies liées à l'humidité.

Si toutefois le choix est fait de rénover par l'extérieur une déclaration préalable de travaux est souvent nécessaire. Il convient donc de se

¹¹ La loi n° 77-2 du 3 janvier 1977 sur l'architecture précise les conditions de recours obligatoire à un architecte.

renseigner auprès de sa commune afin de respecter les règles d'urbanisme en vigueur et de confirmer les autorisations administratives nécessaires.

Les bâtiments anciens, à structure lourde, ont souvent une grande inertie thermique qui garantit un bon confort d'été et un comportement thermique satisfaisant en hiver. Les ponts thermiques sont souvent moins importants que dans des constructions plus récentes, car les liaisons entre les façades et les planchers sont en général discontinues.

Par contre, le fait d'isoler le mur depuis l'intérieur impose quelques contraintes, perte d'inertie du mur de masse, les couches isolantes vont réduire la surface habitable d'au moins une quinzaine de cm sur chaque face et cette méthode impose une révision de l'intérieur notamment la peinture et les revêtements muraux, l'installation électrique.

→ **Quelques points de vigilance supplémentaires lors de la rénovation thermique de bâtiments anciens**

Les façades

Les travaux sur les façades doivent respecter le caractère, les techniques et les matériaux d'origine. La création de nouvelles ouvertures ou la modification des ouvertures existantes peuvent être envisagés en respectant l'équilibre de composition de l'ensemble de la façade.

Les murs

Il est important d'avoir une attention particulière sur l'utilisation de matériaux. Les matériaux non perspirants tels que le polystyrène ou la mousse de polyuréthane et autres dérivés peuvent être inadaptés aux structures anciennes. Il faut éviter de mettre en œuvre des éléments d'architecture de pastiche et de plaquage (frontons, colonnes, chapiteaux, etc...).

Les bardages notamment en bois ou en zinc, peuvent être utilisés, s'ils correspondent à des dispositions anciennes d'intérêt ou pour un support en mauvais état et qui ne peut être restauré. Les bardages doivent être

possibles techniquement (structure d'accroche...). Ils peuvent être envisagés sur les murs pignons et sur les murs aveugles, sous réserve que la façade ne présente pas de décors ou de modénatures en relief, ni aucun parement jouant un rôle décoratif : pierre de taille, briques, moellons décoratifs...

Les enduits à la chaux et les enduits pour le confort thermique (du type chaux chanvre...) peuvent être mis en œuvre s'ils restent compatibles avec les structures existantes. Ils ont pour avantage la conservation de l'intégralité des décors et des modénatures de la façade et leur mise en œuvre doit respecter les règles de l'art et réglementations techniques en vigueur.

Le soubassement

Le traitement architectural doit être soigné et doit s'appuyer sur les caractéristiques de l'existant (bandeau horizontal, polychromie...).

Les toitures

En cas de reprise du toit, les passées de toitures doivent reprendre le même débord que dans la situation originelle. En pignon, il est important de conserver l'absence de débords de rive pour éviter l'arrachement de celle-ci.

Les pentes de toitures doivent respecter les préconisations techniques dues au climat et au relief ainsi qu'en accord avec les bâtiments existants voisins.

Les matériaux de couverture admis sont les tuiles et les couvertures métalliques : zinc, tôle... Les couvertures en PVC, plastique, bac acier, inox brillant ou en matériaux ondulés ne sont pas conseillées.

Les lucarnes, verrières et châssis de toit doivent respecter l'équilibre général de la toiture et des façades.

Les baies

Les dimensions de baies doivent être respectées ainsi que la position en tableau de la menuiserie. Les menuiseries doivent être remplacées par des éléments présentant les mêmes dimensions et les mêmes profils. Il est préconisé de conserver le rythme de la menuiserie ainsi que le matériau

bois. Les garde-corps et autres éléments de second œuvre de la façade doivent respecter les dispositions d'origine.

Les volets

Les occultations d'origine doivent de préférence être conservées (volets bois par exemple) et restaurées sauf dans le cas où leur état ne le permet pas. Si des volets neufs sont nécessaires ils doivent être disposés comme les modèles d'origines.

Si le choix est fait de mettre des volets roulants, les coffres de ceux-ci doivent être intégrés derrière le linteau existant autant que possible. Si toutefois cela s'avérait impossible, ils ne doivent pas déborder de la façade et être dissimulés derrière un lambrequin.

4. SCIBBA : SOLUTIONS COMPLETES D'ISOLATION BIOSOURCEE DU BATI ANCIEN

4.1. Le contexte normatif

La réglementation en vigueur : RT sur l'existant, travaux embarqués, ne suffit pas pour atteindre les ambitions d'une rénovation énergétique performante. Se limiter à ce cadre réglementaire risque de plus de « tuer le gisement d'économie d'énergie » en limitant les possibilités, pour le particulier, de réinvestir dans des travaux ultérieurs.

Il convient donc, dans le cadre de cette étude, de rechercher un niveau de performance énergétique supérieur à la réglementaire en vigueur.

Pour accompagner le Parc dans sa démarche d'éco rénovation, nous avons privilégié des solutions techniques respectant des règles professionnelles, des DTU (Documents Techniques Unifiés) et des produits sous avis technique : certaines solutions particulières de rénovation sont également décrites dans le dispositif RAGE (Règles de l'Art Grenelle de l'Environnement). Ce corpus de référentiels techniques est nécessaire et suffisant pour donner le cadre des travaux de rénovation possibles.

4.2. Contexte et origine de SCIBBA :

L'état initial d'un bâtiment à rénover est extrêmement important du point de vue de ses caractéristiques architecturales, de ses systèmes constructifs (voir parties précédentes sur les points de vigilance). Par contre, sa performance énergétique avant travaux n'a que peu d'impact sur les solutions de rénovation (isolation) à dimensionner.

Notons par ailleurs qu'il existe une différence notable entre d'un côté la performance énergétique conventionnelle des bâtiments anciens (moyenne assez mauvaise sur le parc bâti national) et de l'autre côté la performance réelle (sur facture) de ces mêmes bâtiments (moyenne assez bonne). Cet écart supérieur à celui qui existe sur des bâtiments récents est la preuve que les moteurs de calculs réglementaires ne parviennent pas à modéliser fidèlement le comportement hygrothermique de certains systèmes constructifs. Ainsi, le pisé, le mâchefer, la pierre de taille, les pans de bois sont autant de parois dont le comportement (isolation, perspiration, inertie) n'est pas encore suffisamment connu pour être correctement modélisé.

Enfin, nous constatons que la majorité des projets de rénovation ne font actuellement pas appel à un architecte ni à un maître d'œuvre spécialisé en rénovation. Pour le chantier de rénovation, le suivi et la coordination entre les différents corps de métier, ne font pas non plus l'objet d'une prestation dédiée dans la plupart des cas.

4.3. Les objectifs

Notre objectif est de pouvoir proposer un outil de solutions complètes de rénovation compatibles avec le bâti ancien et permettant d'atteindre la performance réglementaire fixée par le label BBC Effinergie de 80kWh/m²/an pour les rénovations résidentielles modulé selon la zone climatique du PNR (zone H1C). En effet, les dispositions techniques pour atteindre ce niveau ne sont pas simples à déterminer. Le travail que nous avons réalisé permet à un artisan qui mettrait en place ces solutions d'atteindre les objectifs annoncés.

Les solutions d'isolation doivent pouvoir répondre à plusieurs contraintes intangibles :

- Garantir la préservation du bâti existant d'un point de vue patrimonial et en préservant la perspiration des parois du bâti,
- Développer les filières courtes et de matériaux bio-sourcées,
- Ne pas tuer le gisement d'économie d'énergie (rénovation niveau BBC rénovation ou mieux), soit par étape, soit en une fois,

- Préserver le confort d'été, qui est souvent une qualité intrinsèque du bâtiment ancien (les solutions SCIBBA s'appuient sur des Simulations Thermiques Dynamiques pour évaluer cet aspect).

L'ensemble de ces objectifs nécessite une aide technique à la décision et c'est tout l'objectif de SCIBBA : pouvoir proposer, dans chaque cas particulier, les quelques solutions de rénovation compatibles avec l'atteinte des cibles ci-dessus.

4.4. Présentation de l'outil

→ Fiches monographiques d'éléments structurels :

SCIBBA propose un éventail de solutions techniques adaptées à chaque élément structurel (plancher bas, murs extérieurs, planchers intermédiaires, planchers haut et toiture). Cet outil ne traite que du volet enveloppe et non des systèmes techniques (chauffage/ventilation) ; il permet de guider le maître d'ouvrage ou le professionnel vers un bouquet de solutions BBC compatibles.

La déclinaison opérationnelle de SCIBBA doit, en complément, prendre en compte un certain nombre de garde-fous architecturaux (présence d'éléments remarquables à conserver), techniques (présence d'humidité, réfection de la toiture envisagée) ou de choix esthétique (choix des finitions intérieures).

Chaque solution technique est décrite et illustrée étape par étape. Ce descriptif s'accompagne d'une étude économique (fourchette de prix et temps de réalisation) ainsi que d'une évaluation environnementale (émission de Gaz à Effet de Serre et Energie primaire non renouvelable).

Les carnets de détails SCIBBA sont destinés à tous les acteurs accompagnant des projets de rénovation, à savoir les architectes, les bureaux d'études, les espaces info Energie ainsi qu'à la Maitrise d'Ouvrage publique. L'objectif de l'outil est de donner une idée précise des travaux à

entreprendre (croquis et carnet de détails) et d'avoir une fourchette assez précise du chiffrage de ces travaux.

→ Solutions Complètes d'Isolation Bio sourcée Bâtiments Anciens :

L'étude thermique portant sur la combinaison de ME, PB, PH a permis de faire émerger des boucles de solutions complètes d'isolation compatibles avec le fonctionnement du bâtiment ancien et permettant d'atteindre le niveau de performance thermique BBC.

Toutes les configurations de bouquets de solutions : variation des systèmes d'isolation ainsi que des ponts thermiques liés à la configuration des planchers bas et intermédiaire ont été testées (120 simulations environ) dans des conditions de rénovation réalistes : VMC simple flux, étanchéité à l'air correct, système de chauffage au gaz.

La préconisation de ces boucles doit s'accompagner d'un diagnostic réalisé par un professionnel, d'une adaptation éventuelle à la spécificité d'un projet, de la réalité concrète de chaque chantier...

Ces préconisations doivent impérativement s'accompagner d'une étude thermique personnalisée dans le cas d'un projet de rénovation thermique performante.

A titre d'exemple, seules figurent en annexe un exemple de Solution Complète d'Isolation Bio sourcée de Bâtiments Anciens et quelques fiches monographiques d'éléments structurels : un mur extérieur, un plancher bas, un plancher haut.

La diffusion de l'étude réalisée par le Parc du Haut-Jura s'accompagne de la mise en place de deux formations action sur le territoire afin que les professionnels de la prescription puissent s'approprier l'ensemble des outils proposés. C'est à l'occasion de ces formations que l'ensemble des outils : carnets de détails, croquis et principes de solutions SCIBBA, seront diffusés aux prescripteurs.

Le document introductif SCIBBA (pages suivantes) décrit précisément les hypothèses de départ, comment fonctionne l'outil et quelles sont les précautions d'utilisation dont notamment l'avertissement ci-après :

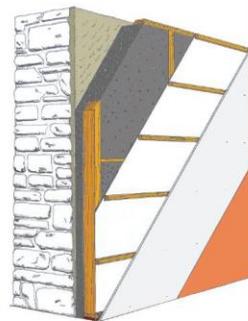
SCIBBA n'est pas un outil utilisable directement par un maître d'ouvrage seul.

Il nécessite un accompagnement à plusieurs phases clés :

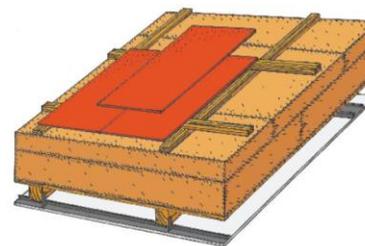
En **conception**, utiliser les solutions SCIBBA (donc BBC compatibles) ne dédouane pas de l'obligation de réaliser une étude thermique sur chaque projet considéré.

En phase **chiffrage/devis**, les fourchettes de prix données ne sont qu'indicatives et permettent une estimation de l'enveloppe globale des travaux sans intégrer les spécificités et points singuliers de chaque bâtiment. Seuls les chiffrages contextualisés des artisans permettront de préciser le montant de travaux détaillé.

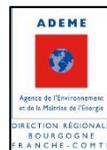
En phase **travaux**, nous insistons sur l'importance d'avoir une maîtrise d'œuvre d'exécution, notamment dans le cas où la coordination entre différents corps d'état est complexe.



SCIBBA :
Solutions complètes
d'isolation biosourcée
pour le bâti ancien



avec le Fonds européen agricole pour le développement rural (FEADER)
L'Europe investit dans les zones rurales.



Version mise à jour en septembre 2018
© oikos

Contexte

Le secteur du bâtiment en France contribue à 45 % de la consommation d'énergie finale et au quart des émissions de gaz à effet de serre (GES), ce qui le place en tête du défi de la transition énergétique pour parvenir en 2050 à l'objectif « facteur 4 ». Or notre parc immobilier est très lent à évoluer puisque son taux de renouvellement est d'environ 0,5% par an. Les efforts doivent donc être portés sur la rénovation des bâtiments existants afin d'en accroître le confort et d'en améliorer la performance énergétique.

En France la première réglementation thermique dans les bâtiments neufs est apparue en 1974, date à partir de laquelle les bâtiments sont un tant soit peu isolés. La priorité est donc de rénover tous les bâtiments d'avant 1945. Ce bâti ancien, conçu comme un système ouvert à forte inertie composé de matériaux capillaires et perspirants n'a bien entendu pas le même fonctionnement thermique que le bâti moderne qui est étanche à l'air, à l'eau, et ventilé de manière artificielle avec un faible stockage thermique.

Pourtant, on observe souvent une rénovation maladroite du bâti ancien basée sur des techniques modernes peu perspirantes qui dénaturent les fonctions de régulation du bâtiment ancien. Il est donc important d'utiliser des matériaux dont les

Enjeu

caractéristiques sont en accord avec les propriétés de ce dernier.

Le projet a pour finalité d'aboutir des solutions économiques et viables dans le respect de la valeur patrimoniale du bâtiment. Pour cela, il est nécessaire de comparer des solutions de rénovations qui s'appliquent et s'adaptent aux particularités du bâti ancien sur différents aspects : techniques, thermiques, environnementaux, réglementaires et économiques.

Pour une vision plus globale, cette étude se base sur deux bâtiments test pour ainsi comparer différentes solutions techniques, les combiner, et atteindre un ensemble de propositions viables et durables de rénovation du bâti ancien. Il est important de noter qu'aucune solution ne peut être appliquée telle quelle sur un bâtiment, car chaque construction ancienne possède des spécificités et entre en interaction avec son environnement. Ces nombreux facteurs doivent être repérés et pris en compte lors des préconisations de rénovation.

Version mise à jour en septembre 2018
© oikos

Objectif

Notre objectif est de pouvoir proposer des solutions complètes de rénovation compatibles avec le bâti ancien et permettant d'atteindre la performance réglementaire fixée par le label BBC Effinergie de 80kWh/m²/an pour les rénovations résidentielles. .

Les solutions d'isolation doivent pouvoir répondre à 3 objectifs majeurs :

- préserver la perspiration des parois du bâti (avec des matériaux biosourcés)
- ne pas tuer le gisement d'économie d'énergie (rénovation niveau BBC rénovation ou mieux)
- préserver le confort d'été, qui est souvent le point fort du bâtiment ancien (les solutions SCIBBA s'appuient sur des STD)

Les solutions SCIBBA proposées s'appuient sur une étude menée par Oikos, conjointement avec les bureaux d'études Caeli Conseil et APESBAT, dans le cadre d'une commande du Parc naturel régional du Haut-Jura soutenue par l'Europe, l'ADEME et les régions Bourgogne Franche-Comté et Auvergne Rhône-Alpes.. Nous avons ainsi décrit des complexes d'isolation mis en oeuvre depuis une dizaine d'années dans notre réseau. Ces complexes concernent l'isolation de la toiture sous rampants ou en sarking, l'isolation des sols ainsi que des murs en ITI. Toutes les configurations de bouquet de solutions (variation des systèmes d'isolation ainsi que des ponts thermiques liés à la configuration

Présentation de l'étude

des planchers bas et intermédiaire) ont été testé (160 simulations environ) dans des conditions de rénovation réalistes : VMC simple flux, étanchéité à l'air correct, système de chauffage au gaz. Cela nous a permis de proposer des solutions complètes permettant d'atteindre le niveau BBC mais surtout de pouvoir analyser ces résultats afin de dégager de grandes tendances. L'idée n'étant pas d'offrir des solutions clés en main mais de montrer que l'on peut parvenir, tout en restant dans une sobriété à obtenir des bons niveaux de performance énergétique et de confort. Bien entendu, cela ne dédouane pas de réaliser une étude thermique pour affiner ces grandes tendances et respecter les spécificités de chaque projet.

Chaque solution technique est décrite et illustrée étape par étape. Ce descriptif s'accompagne d'une étude économique (prix et temps de réalisation) ainsi que d'une étude environnementale (émission de GES et Energie primaire non renouvelable). L'idée étant de pouvoir comparer des solutions complètes permettant d'atteindre le niveau BBC.

Les carnets de détails SCIBBA sont destinés aux professionnels de la prescription (maîtres d'oeuvres, conseillers EIE et PTRE,...) et s'accompagnent d'une formation autour de l'utilisations des matériaux biosourcés et des spécificités du bâti ancien.

Version mise à jour en septembre 2018
© oïkos

Préambule : remarques importantes et abréviations

Remarques importantes

Avant d'envisager des travaux d'isolation biosourcée dans le bâti ancien il est important de:

Faire un état des lieux des atouts du bâtiments (présence d'éléments architecturaux remarquables, apports solaires, environnement,...) et spécificités de chaque projet de rénovation (refection de la toiture envisagée, choix esthétiques et financiers, forces en présence,...).

Diagnostiquer les éventuelles pathologies humides et structurelles et y remédier avant intervention

Avoir une vision globale du projet de rénovation : prioriser les interventions, avoir une cohérence isolation/système de ventilation/menuiseries/système de chauffage,...

La mise en oeuvre des matériaux biosourcés n'est pas envisageable en présence d'humidité (sousbassements, murs enterrés,...) : ils seront alors remplacés par des matériaux imputrescibles (liège ou matériaux d'origine minérale). Dans tous les cas elle nécessite des périodes d'interventions appropriées et des temps de séchage plus important à prendre en compte.

Attention, il est important de noter qu'aucune solution ne peut être appliquée telle qu'elle sur un bâtiment, car chaque construction ancienne possède des spécificités et entre en interaction avec son environnement. Ces nombreux facteurs doivent être repérés et pris en compte lors des préconisations de rénovation

Remarques importantes

Pour bien utiliser ce document

Tous les coûts indiqués sont indicatifs et hors taxe

Les tarifs indiqués pour la main d'oeuvre sont calculés sur la base d'un coût horaire moyen de 40€ pour un professionnel en région Auvergne-Rhône-Alpes.

Surface de référence : 100m²

Les simulations et calculs ont été réalisés avec une surface de référence de 100m². Les m² sont des m² de paroi à isoler. Les résultats ont ensuite été rapportés au mètre carré pour certains indicateurs, à l'image des coûts globaux en matériaux et en main d'oeuvre ainsi que du temps de travail.

Version mise à jour en septembre 2018
© oïkos

Préambule : remarques importantes et abréviations

Abréviations

Abréviations utilisées dans ce document

Energie : Consommation d'énergie primaire non renouvelable pour la fabrication et l'ensemble du cycle de vie du matériau (énergie procédé) ainsi que l'énergie contenu dans le matériau qui se libère si on le brûle (énergie matière).

CO₂ : Contribution à l'effet de serre. C'est le bilan production/stockage de gaz à effet de serre de la solution analysée exprimé en kg équivalent Co₂ par kg de matière (kg eq. Co₂ /kg).

SHAB : Surface de plancher habitable

ME : Murs extérieurs / **ITE** : isolation thermique par l'extérieur / **ITI** : isolation thermique par l'intérieur / **PH** : Plancher haut / **PB** : Plancher bas

VMC SF : Ventilation mécanique contrôlée simple flux

Ép. : Épaisseur

R(iso) ou R : Résistance thermique de l'isolation

Glossaire

termes utilisés dans ce document

Objectif "facteur 4" : Objectif de réduction de nos gaz à effet de serre par 4 d'ici 2050.

Label BBC effinergie : la performance de référence du bâtiment en France est le label BBC Effinergie. Il est défini par l'arrêté ministériel du 3 mai 2007. Ce dernier reprend les valeurs définies par le référentiel de l'association EFFINERGIE®, à savoir un objectif de consommation maximale pour les rénovations résidentielles fixé à 80 kWhep/m²/an.e.

Gobetis : c'est la première couche d'accroche de l'enduit. Elle est rugueuse et grasse pour permettre une bonne accroche au corps d'enduit. Ici, elle offre une première étanchéité à l'air, permet de garantir une bonne continuité capillaire entre le mur et l'isolant et permet de zone de stockage des eaux de condensation et une surface de séchage.

Version mise à jour en septembre 2018
© oïkos

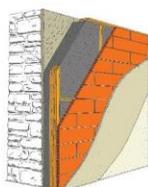
Index : présentation des différents murs extérieurs (ME)



ME 1

Description technique

Isolant projeté (ouate de cellulose) /
Plaque de parement / peinture



ME 2 B

Description technique

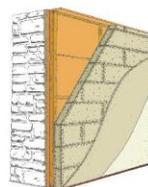
Isolant projeté (ouate de cellulose) /
Briques plâtrières / Enduit de
 finition



ME 2 D

Description technique

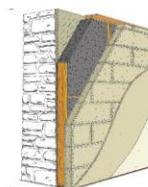
Isolant en vrac en vrac
(chenevotte) / Briques de chaux-
chanvre / Enduit de finition



ME 4

Description technique

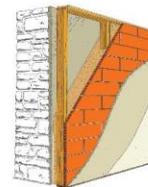
Isolant en panneaux (laine de
bois) / Briques de chaux-
chanvre / Enduit de finition



ME 2 A

Description technique

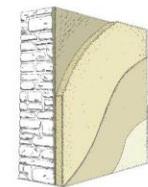
Isolant projeté (ouate de cellulose) /
Briques de chaux-chanvre / Enduit
de finition



ME 2 C

Description technique

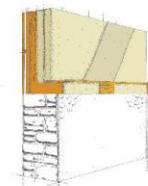
Isolant en vrac (chenevotte) /
Briques plâtrières / Enduit de
 finition



ME 3

Description technique

Correcteur thermique
(chaux/chanvre) / Enduit de finition



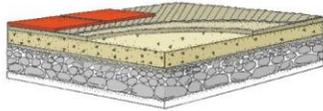
ME 5

Description technique

Béton de chanvre / Enduit de finition

Version mise à jour en septembre 2018
© oïkos

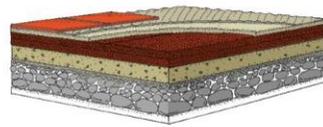
Index : présentation des différents planchers bas (PB)



PB 1

Description technique

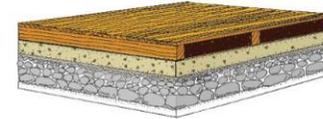
Dallage non porteur / Chape de
chaux / Tommettes de terre cuite



PB 2

Description technique

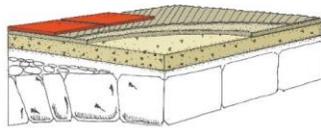
Dallage non porteur / Panneaux
de liège / Chape de chaux /
Tommettes de terre cuite



PB 3

Description technique

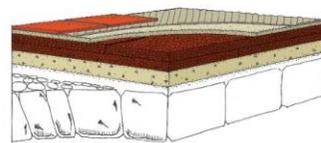
Dallage non porteur / Liège en
vrac / Parquet en bois léger



PB 4

Description technique

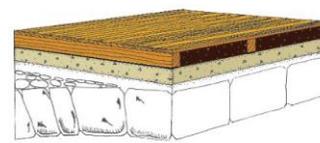
Dallage non porteur / Chape de
chaux / Tommettes de terre cuite



PB 5

Description technique

Dallage non porteur / Panneaux
de liège / Chape de chaux /
Tommettes de terre cuite



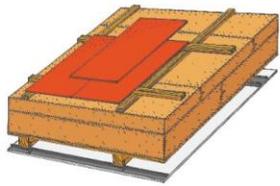
PB 6

Description technique

Dallage non porteur / Liège en
vrac / Parquet en bois léger

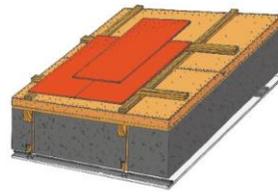
Version mise à jour en septembre 2018
© oïkos

Index : présentation des différents planchers hauts (PH)



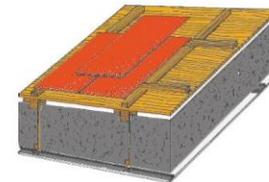
PH 1

Description technique
Isolant sarking (fibre de bois)
/ Plaque de parement



PH 2

Description technique
Coplément d'isolation (fibre
de bois) / Isolant insufflé
(ouate de cellulose) / Plaque
de parement



PH 4

Description technique
Isolant Insufflé (ouate de
cellulose) / Plaque de
parement

Version mise à jour en septembre 2018
© oikos

Comparatif des différentes solutions techniques (ME, PH et PB)

ME



Total matériaux/m²

Total main d'oeuvre/m²



énergie primaire non renouv.

gaz à effet de serre



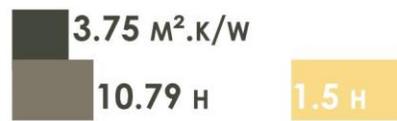
resistance thermique

dephasage

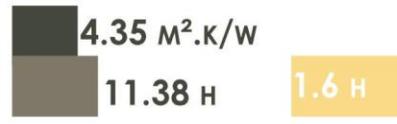
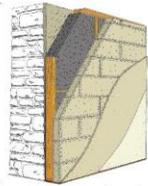


temps /m²

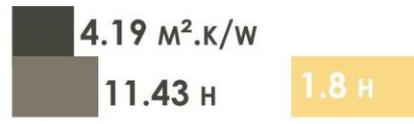
ME 1



ME 2 A

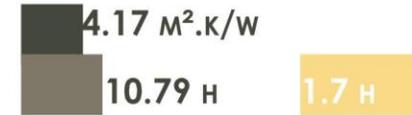
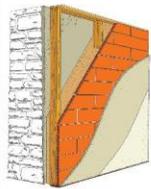


ME 2 B

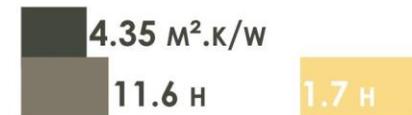
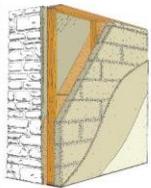


Version mise à jour en septembre 2018
© oikos

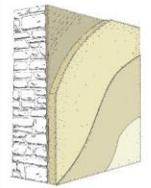
ME 2 C



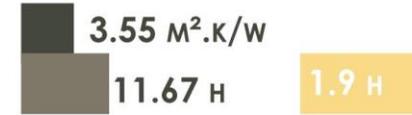
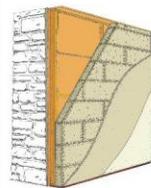
ME 2 D



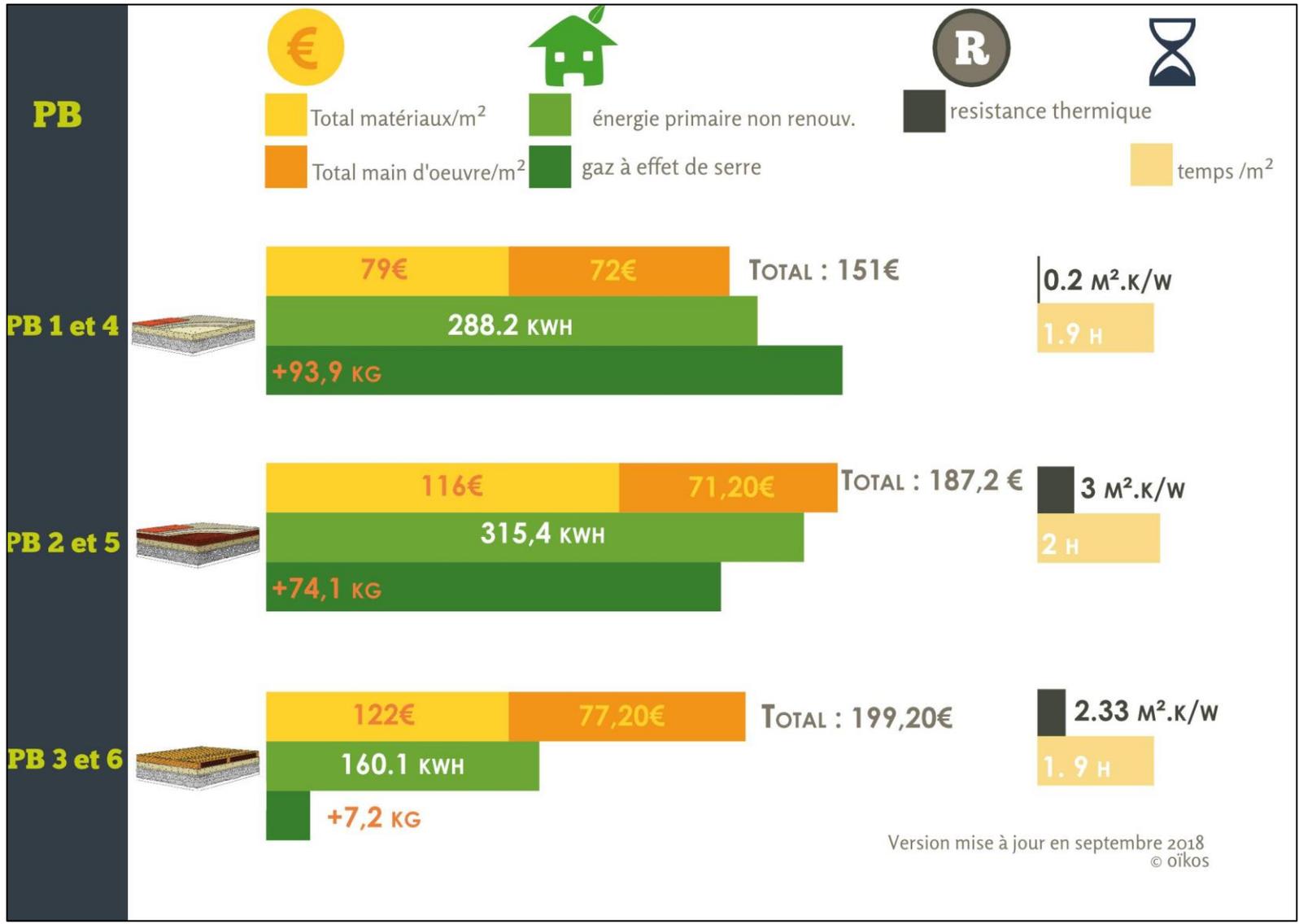
ME 3



ME 4



Version mise à jour en septembre 2018
© oikos



PH



Total matériaux/m²



énergie primaire non renouv.



resistance thermique

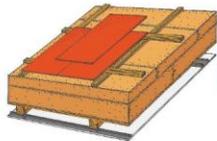


temps /m²

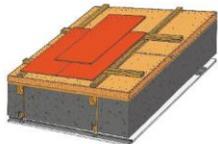
Total main d'oeuvre/m²

gaz à effet de serre

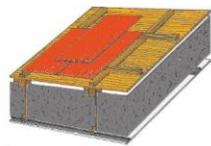
PH 1



PH 2



PH 4



Version mise à jour en septembre 2018
© oikos

Etude

analyse de l'étude thermique

40 % des simulations effectuées (environ 120) atteignent un besoin inférieur à 80kwh/m².an

Isolation des sols

- Le bâtiment est moins consommateur lorsqu'il est installé sur terre/plein
- Les déperditions sont minimisées par un plancher bas léger
- Un plancher lourd isolé ne fait économiser que 1kwh/m².Le plancher léger, même peu isolé, permet d'économiser jusqu'à 6 fois plus, car cela diminue le pont thermique linéique du plancher bas et les déperditions surfaciques.

Sur terre plein, au regard du prix de la mise en oeuvre d'une isolation biosourcée et de son impact environnemental, il ne semble pas pertinent de l'isoler. Sur voute, mieux vaut minimiser l'impact du pont thermique et donc privilégier les solutions légères (plancher bois + isolant en vrac) Dans les deux cas il est intéressant de réduire l'effet "rayonnement froid" en utilisant des matériaux peu effusifs.

Isolation de la toiture

- La plus performante des solutions d'isolation de toiture apporte une réduction de consommation de 4 à 5

Résultats et analyse

kwh/m² par rapport à la moins bonne.

- L'isolation par l'intérieur avec un complément d'isolation (PH2) arrive en tête, puis vient le sarking (PH1) puis l'isolation uniquement par l'intérieure (PH3).

Au regard de son prix et de son impact environnemental, le sarking ne semble pas pertinent à mettre en place. En revanche si une réfection de la toiture est prévue l'ajout d'un complément d'isolation (pare pluie rigide) est intéressante.

Isolation des murs

- L'isolation projetée (ME1) ou les solutions de contre-cloison (solutions ME2) sont thermiquement identiques. L'isolation projetée est plus économique.
- Les corrections thermiques (ME3) ne permettent pas d'atteindre un niveau BBC sur voute mais peuvent apporter un bon confort et peuvent ainsi être préconisée sur des parois peu déperditives (sud ou mitoyennes). Une ventilation double flux peut contre balancer les déperditions induites par ces solutions.

Version mise à jour en septembre 2018
© oïkos

5. CONCLUSION

L'ensemble des éléments territoriaux, architecturaux et énergétiques présentés dans ce document constitue une base méthodologique constitutive de la démarche d'éco rénovation du Parc naturel régional du Haut-Jura.

L'outil SCIBBA est un des axes forts de la démarche proposée, cet outil d'aide à la conception permet d'orienter vers des solutions thermiquement, structurellement et architecturalement compatibles avec le bâti initial.

Mais les propositions de solutions décrites dans l'outil SCIBBA ne peuvent être utilisées et valorisées que si elles sont connues et maîtrisées par l'ensemble des acteurs de la rénovation :

- Pour cela, des sensibilisations et des formations à l'outil SCIBBA seront mises en place en 2018 afin de diffuser les méthodes et de permettre une appropriation de l'outil adaptée au Parc.
- Par ailleurs, les prescripteurs de la rénovation (CAUE, Espaces Info Energie, Agence locale de l'Energie...) doivent pouvoir connaître et utiliser SCIBBA dans l'accompagnement qu'ils réalisent auprès des maîtres d'ouvrage (particuliers, collectivités, copropriétés...)
- Enfin, sur tout le territoire national, des Plateformes Territoriales de Rénovation Énergétiques (PTRE) sont actuellement en cours de déploiement. Ce sont également des acteurs susceptibles d'être intéressés par SCIBBA.

Plus globalement, la rénovation énergétique et environnementale passe actuellement du stade de quelques opérations emblématiques et exemplaires à une généralisation croissante et une massification du nombre d'opérations. Nous en voulons pour preuves plusieurs faits récents :

- La confirmation d'une politique nationale ambitieuse de rénovation énergétique, à travers le Ministère et le Plan Bâtiment Durable.

- Le lancement de plusieurs consultations d'envergure de la part de bailleurs sociaux souhaitant rénover avec des écomatériaux des centaines de logements (par exemple la rénovation de 980 logements en périphérie de Lyon en site occupé au niveau BBC rénovation et avec des isolants biosourcés)
- La parution de décret relatif aux obligations d'amélioration de la performance énergétique dans les bâtiments existants à usage tertiaire (le 10 mai 2017), même si son ambition énergétique reste modeste
- La préfiguration, avec le label E+/C-, d'un objectif à atteindre en matière de matériaux biosourcés dans la construction neuve

Autant de signes qui montrent l'importance d'anticiper et de devancer les demandes des maîtres d'ouvrage qui chercheront des repères, une méthodologie, des objectifs... Ce à quoi ce présent document doit pouvoir répondre dès maintenant sur le territoire du Parc naturel régional du Haut-Jura.

6. BIBLIOGRAPHIE :

→ Ouvrages, études :

Construire avec les ressources naturelles du massif du Jura, Marc Forestier, éditions Patrimoine du PNR du Haut Jura - 2015

Tavaillons d'épicéa du Haut-Jura – Guide technique, éditions du PNR du Haut Jura - 2009

Enduits et Peintures à la chaux du Haut-Jura, éditions du PNR du Haut Jura et Ecole d'Avignon - 2006

Synthèse bibliographique des études sur la rénovation thermique du bâti ancien à l'aide de matériaux isolants biosourcés, CEREMA - Octobre 2016

L'isolation thermique écologique. Oliva J.-P., Courgey, Terre Vivante – 2010

Logiciel WUFI, 1995, Simultaneous Heat and Moisture Transport in Building Components. One- and two dimensional calculation using simple parameters. Künzle H.M. - Fraunhofer IRB Verlag Stuttgart - 1995.

Fiches Amélioration thermique du bâti ancien. CETE de l'Est, Maisons Paysannes de France - Ministère de l'Ecologie - 2011

HYGROBA : étude de la réhabilitation hygrothermique des parois anciennes. Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement (CETE) de l'Est, Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions (LMDC) de l'Institut National des Sciences Appliquées (INSA) de Toulouse, Laboratoire de Recherche en Architecture (LRA) de l'École Nationale Supérieure d'Architecture (ENSA) de Toulouse, Maisons Paysannes de France (MPF) - Ministères du Logement et de l'Ecologie – 2013

Guide ABC Amélioration thermique des Bâtiments Collectifs construits de 1850 à 1974. Pouget Consultants, Centre Scientifique et Technique du

Bâtiment (CSTB), TRANSSOLAR, Patrick de Jean et Jérôme Martin - edipa - 2011.

Guide de l'écovénovation. Parc Naturel Régional (PNR) des Vosges du Nord - Parc Naturel Régional (PNR) des Vosges du Nord - 2014.

Evaluation de l'impact d'une isolation thermique sur le confort d'été et les besoins énergétiques d'un bâtiment ancien. Stéphan E., Cantin R., Michel P., Caucheteux A., TascaGuernouti S. – XXXème Rencontres AUGC-IBPSA Chambéry - 2012.

Rénov'ACT : Programme d'expertise et d'aide à la décision pour la réhabilitation basse consommation des logements en Franche-Comté - AJENA - <http://www.ajena.org/renovact/programme.htm>

→ Normes

Terminologie

[NF EN 16575](#) (octobre 2014) Produits biosourcés – Vocabulaire
Teneur en biosourcée

[FD CEN/TR 16721](#) (novembre 2014) Produits biosourcés – Vue d'ensemble
des méthodes pour déterminer la teneur en biosourcée

[NF EN 16640](#) (avril 2017) Produits biosourcés – Teneur en carbone
biosourcé – Détermination de la teneur en carbone biosourcé par la
méthode au radiocarbone

[NF EN 16785-1](#) (janvier 2016) Produits biosourcés – Teneur biosourcée –
Partie 1 : détermination de la teneur biosourcée par une analyse au
radiocarbone et une analyse élémentaire
Caractéristiques

[NF EN 16848](#) (décembre 2016) Produits biosourcés – Exigences relatives à
la communication entre entreprises des caractéristiques à l'aide d'une fiche
technique

[NF EN 16751](#) (avril 2016) Produits biosourcés – Critères de durabilité

[NF EN 16760](#) (décembre 2015) Produits biosourcés – Analyse du cycle de
vie
Produits d'isolation

[NF EN 13162 + A1](#) (mai 2015) Produits isolants thermiques pour le
bâtiment – Produits manufacturés en laine minérale (MW) – Spécification

[NF EN 13168 + A1](#) (mars 2015) Produits isolants thermiques pour le
bâtiment – Produits manufacturés en laine de bois (WW) – Spécification
Remplacera (ultérieurement) : [NF EN 13168](#) (janvier 2013)

[NF EN 13170+A1](#) (mars 2015) Produits isolants thermiques pour le
bâtiment – Produits manufacturés en liège expansé (ICB) – Spécification
Remplacera (ultérieurement) : [NF EN 13170](#) (février 2013)

[NF EN 13171 + A1](#) (mars 2015) Produits isolants thermiques pour le
bâtiment – Produits manufacturés en fibres de bois (WF) – Spécification
Remplacera (ultérieurement) : [NF EN 13171](#) (janvier 2013)

[NF EN 15101-1](#) (janvier 2014) Produits isolants thermiques destinés aux
applications du bâtiment – Isolation thermique formée en place à base de
cellulose (LFCI) – Partie 1 : spécification des produits en vrac avant la mise
en œuvre

[NF EN 15101-2](#) (octobre 2013) Produits isolants thermiques destinés aux
applications du bâtiment – Isolation thermique formée en place à base de
cellulose (LFCI) – Partie 2 : spécifications des produits mis en œuvre
Mortiers et bétons

[NF EN 14474](#) (mai 2005) Produits préfabriqués en béton – Béton utilisant
des copeaux de bois comme granulats – Exigences et méthodes d'essai

[NF EN 15498](#) (octobre 2008) Produits préfabriqués en béton – Blocs de
coffrage en béton utilisant des copeaux de bois comme granulats –
Propriétés et performances des produits
Panneaux

[NF EN 12781](#) (avril 2001) Revêtements muraux – Spécification pour les
panneaux en liège

[NF EN 15197](#) (mai 2007) Panneaux à base de bois – Panneaux de lin –
Spécifications

→ **Textes réglementaires**

Label « bâtiment biosourcé »

Loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, modifiée (JORF du 18 août 2015)

Voir articles 14 et 144

Décret n° 2012-518 du 19 avril 2012 relatif au label « bâtiment biosourcé » (JORF du 21 avril 2012)

Arrêté du 19 décembre 2012 relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label « bâtiment biosourcé » (JORF du 23 décembre 2012 ; rectificatif JORF du 20 avril 2013)

Label écologique

Décision (UE) 2017/176 de la Commission du 25 janvier 2017 établissant les critères du label écologique de l'Union européenne pour les revêtements de sol à base de bois, de liège et de bambou (JOUE L28 du 2 février 2017)

→ **Pour consulter ces textes :**

<http://www.legifrance.gouv.fr/> pour les textes français

<http://eur-lex.europa.eu> pour les textes européens

→ **Pour en savoir plus :**

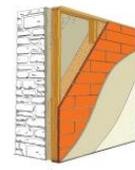
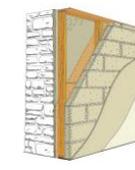
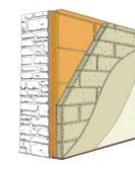
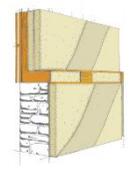
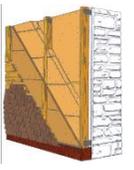
Matériaux de construction bio-sourcés :

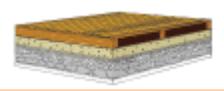
<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Produits-de-construction-et.html>

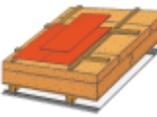
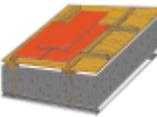
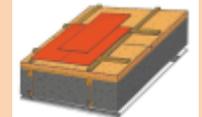
7. ANNEXES : EXEMPLES DE SOLUTIONS SCIBBA

Un exemple de Solutions Complète d'Isolation Biosourcée de Bâtiments Anciens : Mur ME 2A / Plancher bas : PB 3 / Planches Haut : PH 2

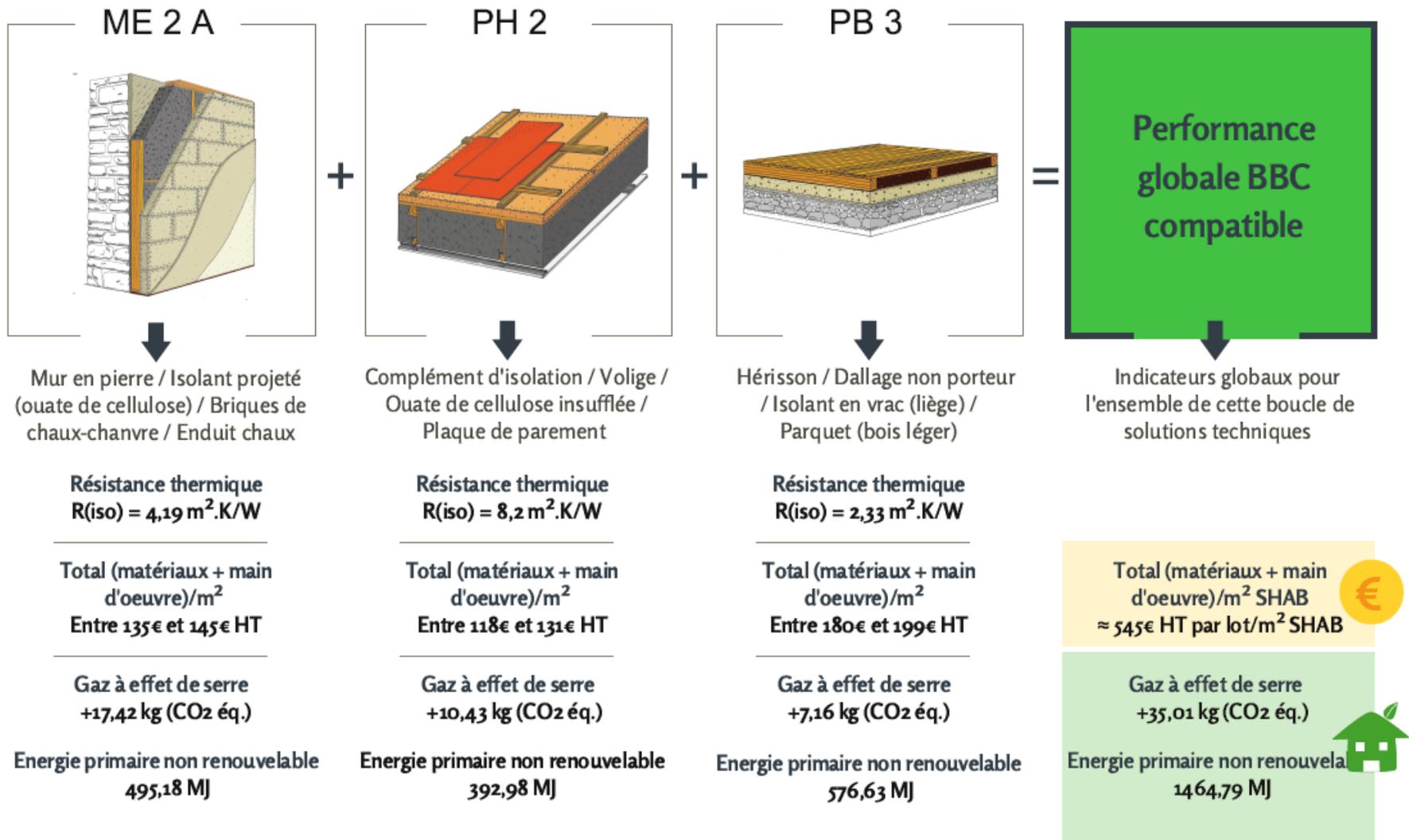
Trois exemples de fiches monographiques d'éléments structurels : Mur ME 1 / Plancher bas : PB 1 / Planches Haut : PH 1

Localisation	ITI								Isolation répartie	ITE
Designation	ME 1	ME 2A	ME 2B	ME 2C	ME 2D	ME 3	ME 4	ME 5	ITE	
Dessin										

Localisation	Sur terre/plein			Sur voûte		
Designation	PB 1	PB 2	PB 3	PB 4	PB 5	PB 6
Illustration						

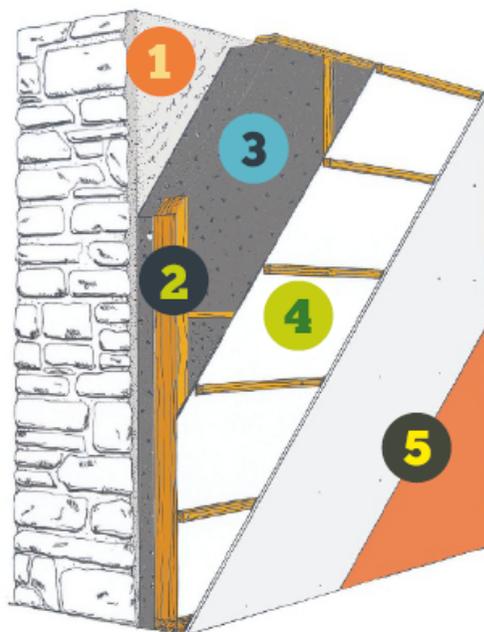
Plancher haut	ITE/Sarking	ITI	ITI complémen en sarking
Nom	PH 1	PH 4	PH 2
Designation			

Boucle 17 : ME 2 A + PH 2 + PB 3 / description technique et performances



ME 1 : Isolant projeté / plaque de parement

Avant d'envisager des travaux d'isolation voir les remarques importantes du préambule



INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX

Energie CO₂

1 : préparation du support + gobelets

8,7 kWh +3,3 kg CO₂ éq./kg

2 : mise en place de l'ossature

9.1 kWh -14.5 kg CO₂ éq./kg

3 : projection de l'isolant

1.6 kWh +2.5 kg CO₂ éq./kg

4 : mise en place de l'étanchéité à l'air

0.8 kWh +2.5 kg CO₂ éq./kg

5 : mise en place du revêtement

46.1 kWh +8.3 kg CO₂ éq./kg

cycle complet

66.3 kWh +2.1 kg CO₂ éq./kg

R

CARACTERISTIQUES THERMIQUES

R(iso) : 3,72 m².K/W

Déphasage : 10,79 heures



COÛTS GLOBAUX

Matériaux/m² : 44 € HT

Main d'oeuvre/m² : 60 € HT

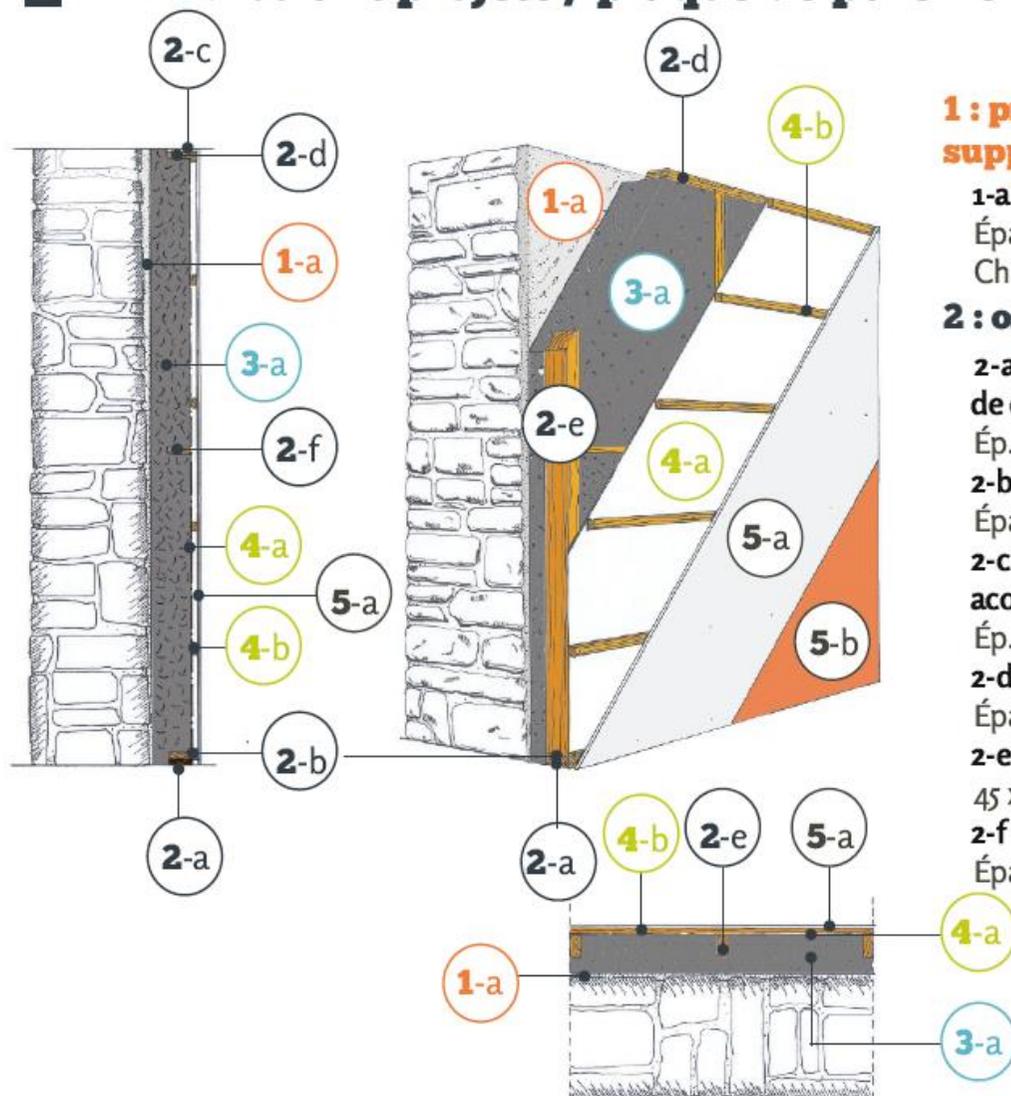


TEMPS DE TRAVAIL/M²

1,5 H

Version mise à jour en septembre 2018
© oikos

ME 1 : isolant projeté / plaque de parement



PHASAGE

1 : préparation du support + gobetis

1-a Gobetis à la chaux
Épaisseur 10 mm
Chaux NHL 2, sable 0/4

2 : ossature

2-a Bande de rupture de capillarité
Ép. 20 mm / Liège
2-b Lisse basse
Épaisseur 27 mm
2-c Bande de rupture acoustique
Ép. 19 mm / Fibre de bois
2-d Lisse haute
Épaisseur 27 mm
2-e Montant raboté séché
45 x 95 mm
2-f Entretoise
Épaisseur 27 mm

3 : isolation

3-a Ouate de cellulose
Projetée humide
Épaisseur 160 mm
Densité 45 kg/m³

4 : étanchéité à l'air

4-a Membrane d'étanchéité à l'air
4-b Litelage
27 x 40 mm

5 : revêtement

5-a Plaque de parement
Ép. 10 mm / Fermacell
5-b Impression et peinture

Version mise à jour en septembre 2018
© oïkos

ME 1 : isolant projeté / plaque de parement

1) PRÉPARATION DU SUPPORT + GOBETIS

Le mur extérieur doit être protégé des intempéries .

Respecter les périodes d'intervention propices ainsi que les temps de séchage (24h environ)



COÛTS GLOBAUX

Matériaux/m² : 7 € HT

Main d'oeuvre/m² : 6.40 € HT



INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX

Energie primaire non renouvelable

8,7 kWh

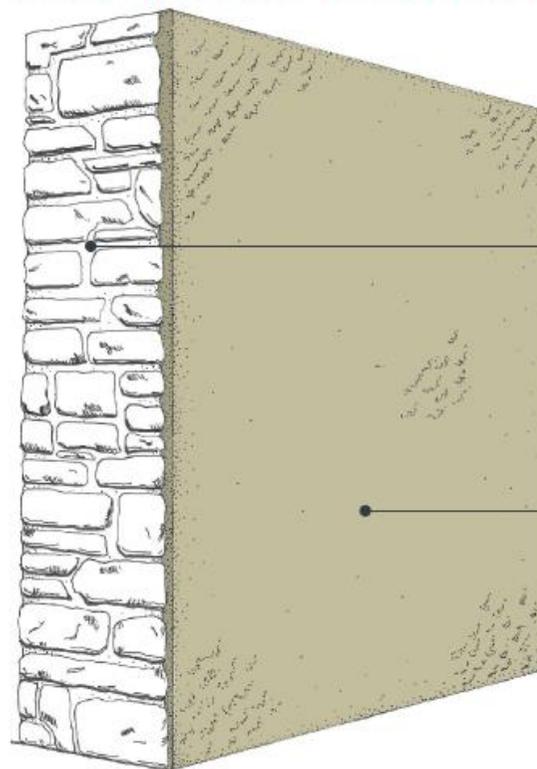
Contribution à l'effet de serre

+3,3 kg CO₂ éq./kg



TEMPS DE TRAVAIL/M²

0.16 H



Mur en pierre existant
(hors lot)

1-a

Gobetis à la chaux

Ep. 10 mm

Chaux adaptée au
support, sable 0/4 ou
0/6

Version mise à jour en septembre 2018
© oïkos

ME 1 : isolant projeté / plaque de parement

2) MISE EN PLACE DE L'OSSATURE

Variantes possibles : Ossature métallique



COÛTS GLOBAUX

Matériaux/m² : 8 € HT

Main d'oeuvre/m² : 6.40 € HT



INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX

Energie primaire non renouvelable

9.1 kWh

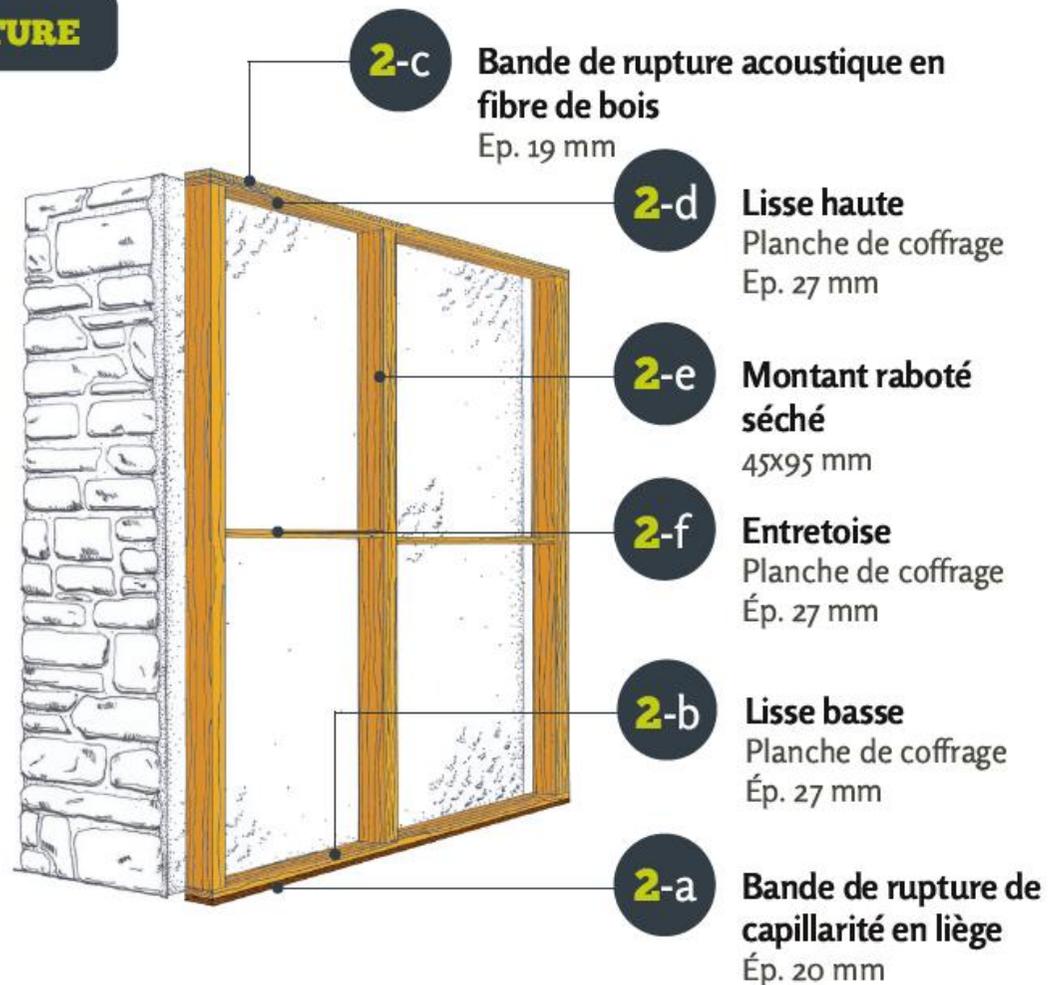
Contribution à l'effet de serre

-14.5 kg CO₂ éq./kg



TEMPS DE TRAVAIL/M²

0.16 H



Version mise à jour en septembre 2018
© oïkos

ME 1 : isolant projeté / plaque de parement

3) PROJECTION DE L'ISOLATION

En cas de présence d'humidité un traitement adapté des soubassement sera nécessaire
Respecter les périodes d'intervention propices ainsi que les temps de sechage (environ 3 semaines)
Variantes possibles : Fibre de carton en projection humide



COÛTS GLOBAUX

Matériaux/m² : 8 € HT

Main d'oeuvre/m² : 9.60 € HT



INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX

Energie primaire non renouvelable

1.6 kWh

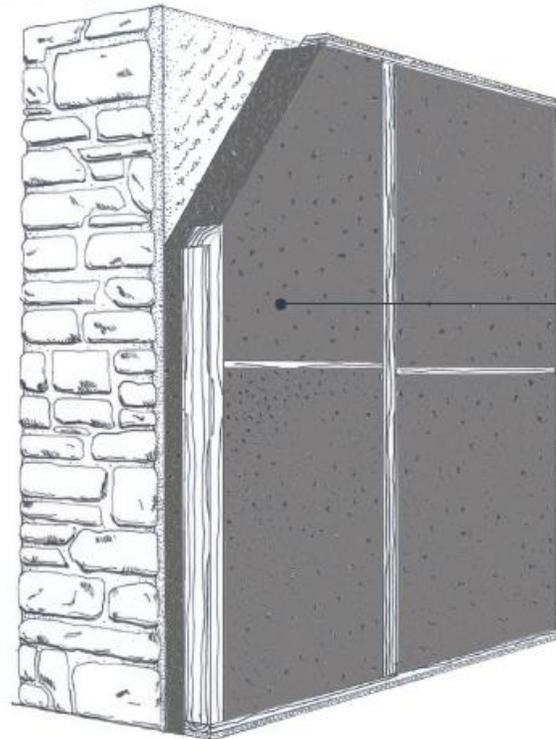
Contribution à l'effet de serre

+2.5 kg CO₂ éq./kg



TEMPS DE TRAVAIL/M²

0.24 H



3-a

Ouate de cellulose

Projetée humide

Ép. 160 mm

Densité 45 kg/m³

Version mise à jour en septembre 2018
© oïkos

ME 1 : isolant projeté / plaque de parement

4) MISE EN PLACE DE L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR



COÛTS GLOBAUX

Matériaux/m² : 5 € HT

Main d'oeuvre/m² : 4 € HT



INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX

Energie primaire non renouvelable

0.8 kWh

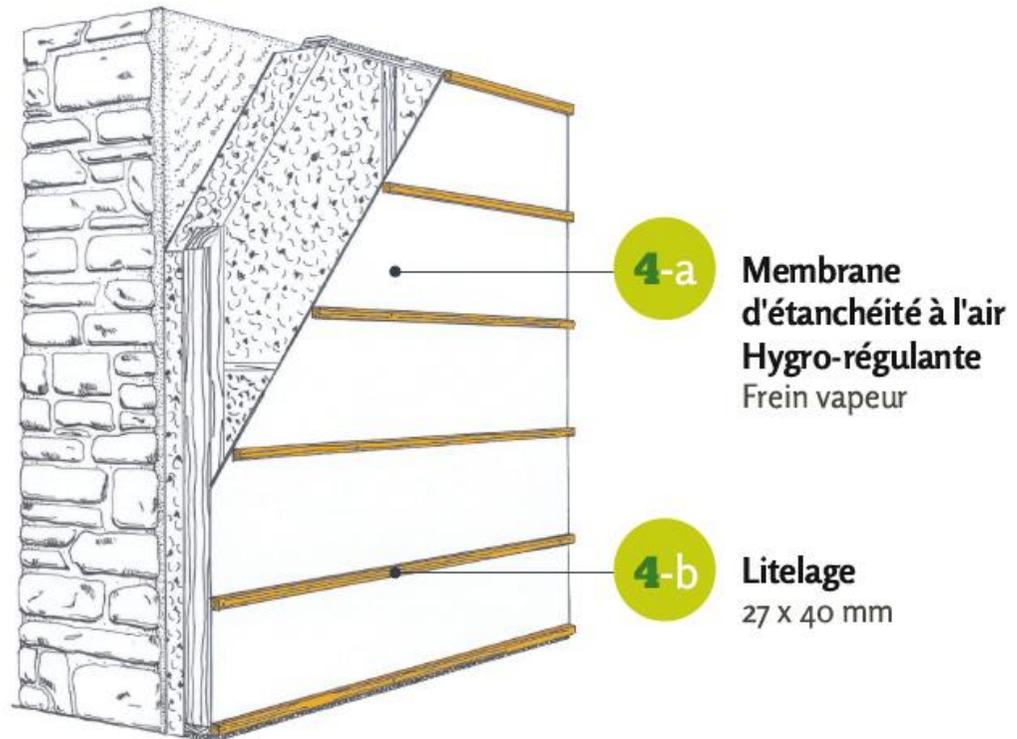
Contribution à l'effet de serre

+0.1 kg CO₂ éq./kg



TEMPS DE TRAVAIL/M²

0.1 H



Version mise à jour en septembre 2018
© oïkos

ME 1 : isolant projeté / plaque de parement

5) MISE EN PLACE DU REVÊTEMENT



COÛTS GLOBAUX

Matériaux/m² : 16 € HT

Main d'oeuvre/m² : 33.6 € HT



INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX

Energie primaire non renouvelable

32.2 kWh

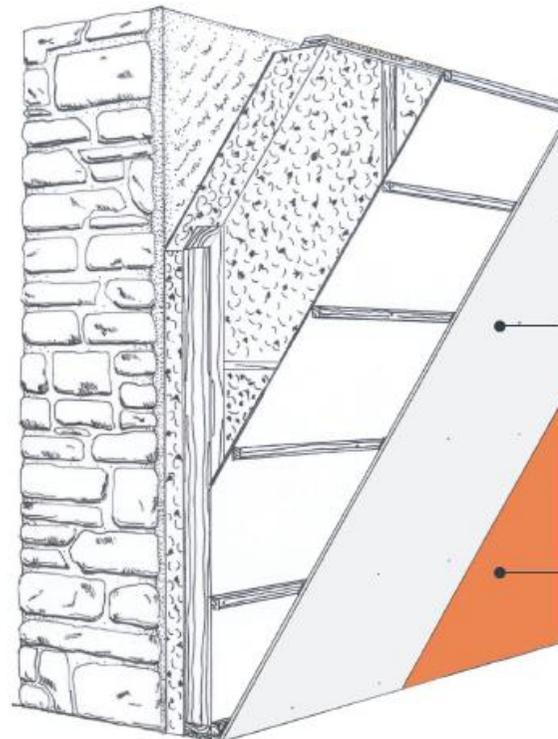
Contribution à l'effet de serre

+8,3 kg CO₂ éq./kg



TEMPS DE TRAVAIL/M²

0.16 H



5-a

Plaque de parement
Ép. 10 mm
Fermacell

5-b

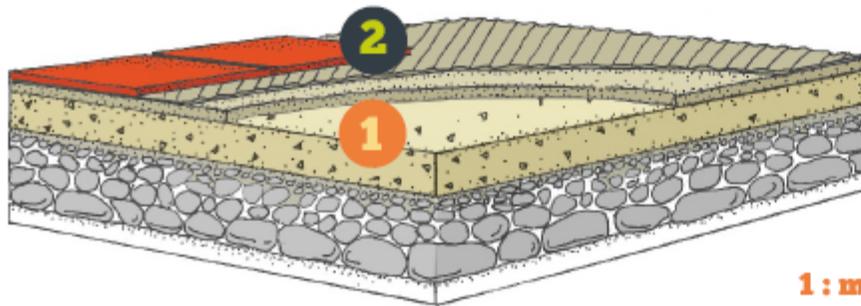
Impression et
peinture

Version mise à jour en septembre 2018
© oïkos

PB 1 : dallage non porteur / chape de chaux / tomates

Avant d'envisager des travaux d'isolation voir les remarques importantes du préambule

La technique décrite ne relève pas de documents techniques en vigueur (DTU,..), la responsabilité de sa mise en oeuvre incombe donc à son exécutant.



INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX

	Energie	CO ₂
1 : mise en place du dallage non porteur	86,8 kWh	+33.1 kg CO ₂ éq./kg
2 : mise en place du revêtement	201.4 kWh	+60.8 kg CO ₂ éq./kg
cycle complet	288.2 kWh	+93.9 kg CO ₂ éq./kg



CARACTERISTIQUES THERMIQUES

R(iso) : 0,2 m².K/W



COÛTS GLOBAUX

Matériaux/m² : 72 € HT

Main d'oeuvre/m² : 66.40 € HT

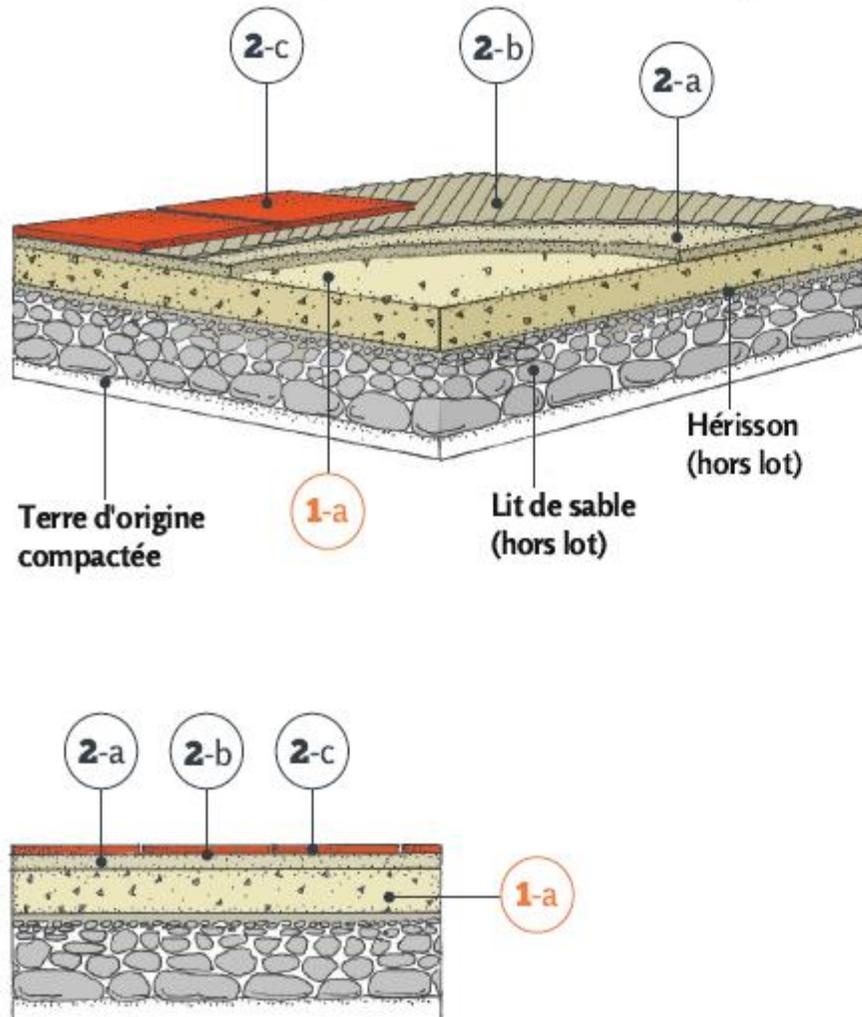


TEMPS DE TRAVAIL/M²

1,66 H

Version mise à jour en septembre 2018
© oïkos

PB 1 : dallage non porteur / chape de chaux / tomates



PHASAGE

1 : dallage non porteur

1-a Dalle en béton de chaux
Épaisseur 100 mm
Chaux NHL 5, Pavier o/2

2 : revêtement

2-a Chape de chaux
Épaisseur 30 mm
Chaux NHL 5, sable o/4
2-b Barbotine à la chaux
Chaux NHL 5, sable o/2
2-c Tommettes de terre cuite
Épaisseur ≈ 20 mm

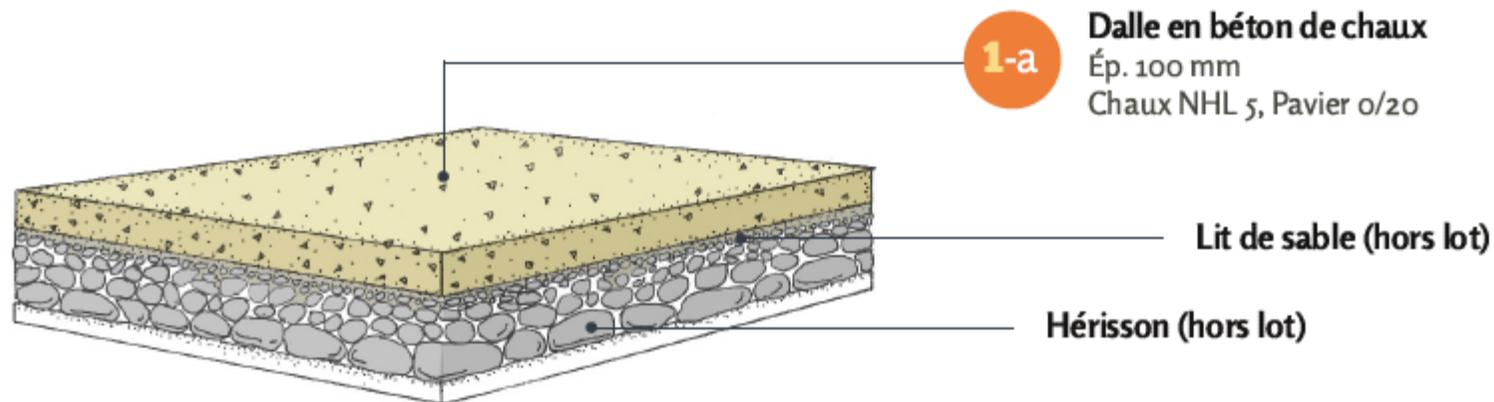
Version mise à jour en septembre 2018
© oïkos

PB 1 : dallage non porteur / chape de chaux / tomates

1) MISE EN PLACE DU DALLAGE NON PORTEUR

Respecter les périodes d'intervention propices ainsi que les temps de séchage (28 jours)

Variante possible : Dalle isolante : remplacer une partie des agrégats par des agrégats isolants minéraux (liège, pouzzolane, bille d'argile,...)



COÛTS GLOBAUX

Matériaux/m² : 25 € HT

Main d'oeuvre/m² : 20 € HT



INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX

Energie primaire non renouvelable 86.8 kWh

Contribution à l'effet de serre +33.1 kg CO₂ éq./kg



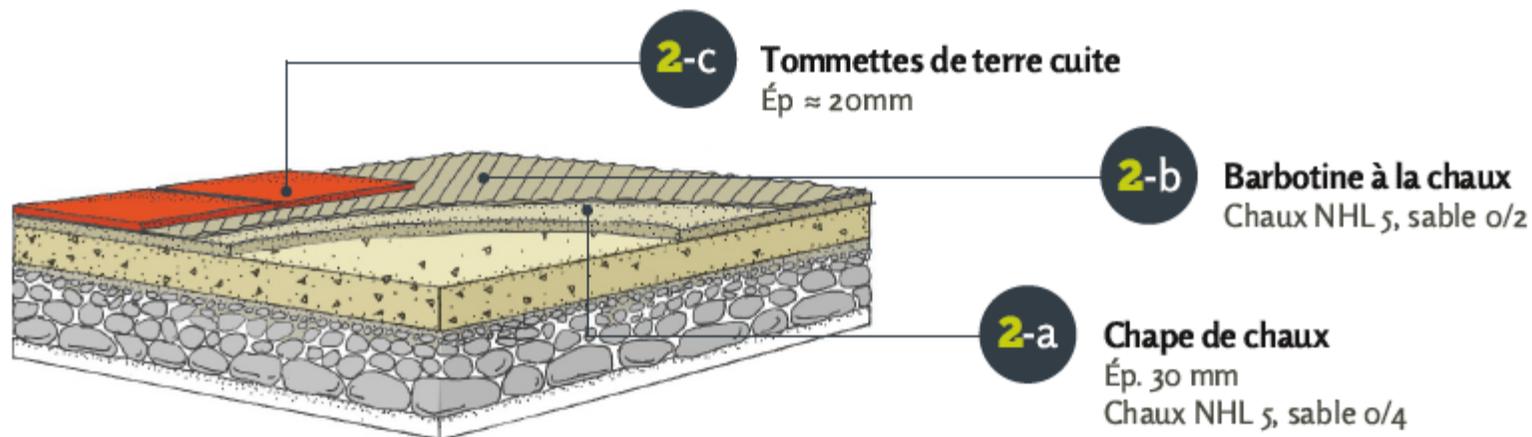
TEMPS DE TRAVAIL/M²

0.5 H

Version mise à jour en septembre 2018
© oïkos

PB 1 : dallage non porteur / chape de chaux / tomates

2) MISE EN PLACE DU REVÊTEMENT



COÛTS GLOBAUX

Matériaux/m² : 47 € HT

Main d'oeuvre/m² : 46.40 € HT



INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX

Energie primaire non renouvelable 201.4 kWh

Contribution à l'effet de serre +60.41 kg CO₂ éq./kg



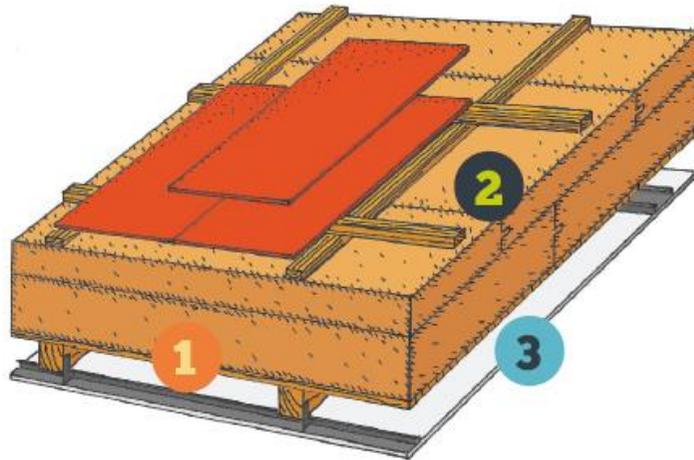
TEMPS DE TRAVAIL/M²

1.16 H

Version mise à jour en septembre 2018
© oïkos

PH 1 : isolant en sarking (fibre de bois) / plaque de parement

Avant d'envisager des travaux d'isolation voir les remarques importantes du préambule



1 : mise en place de l'étanchéité à l'air

2 : mise en place de l'isolant en sarking

3 : mise en place du revêtement



CARACTERISTIQUES THERMIQUES

R(iso) : 5.91 m².K/W



COÛTS GLOBAUX

Matériaux/m² : 110 € HT

Main d'oeuvre/m² : 64 € HT

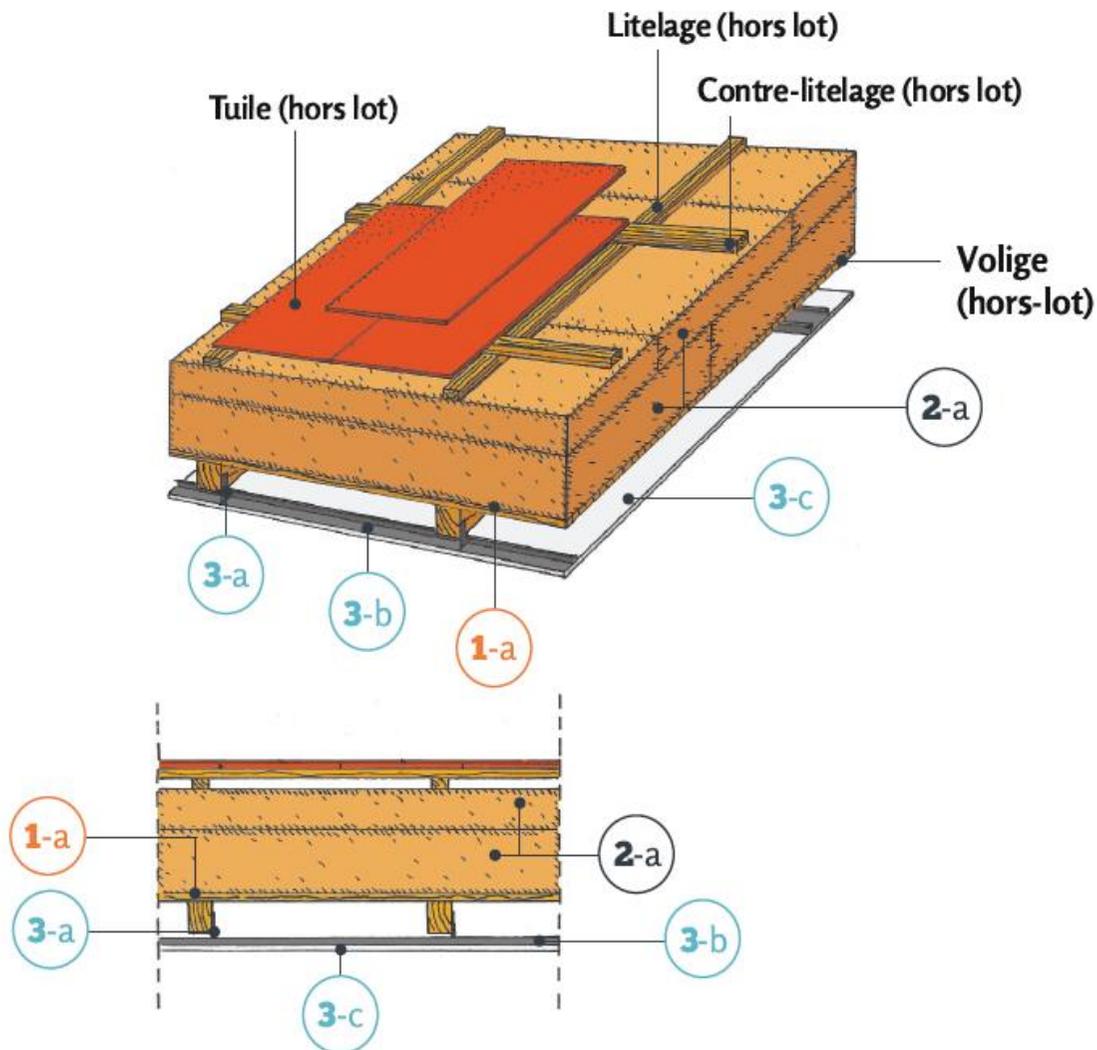


TEMPS DE TRAVAIL/M²

1,6 H

Version mise à jour en septembre 2018
© oikos

PH 1 : isolant en sarking (fibre de bois) / plaque de parement



PHASAGE

1 : étanchéité à l'air

1-a Frein vapeur
hygrovariable spécial
rénovation toiture en ITE

2 : isolation en sarking

2-a Fibre de bois
Deux couches croisées :
- 1 x 160 mm
- 1 x 100 mm
Densité 140 kg/m³

3 : revêtement

3-a Suspente fourrure

3-b Fourrure

18 x 45 mm

3-c Plaque de plâtre

Épaisseur 13 mm

+ Impression / peinture

Version mise à jour en septembre 2018
© oïkos

PH 1 : isolant en sarking (fibre de bois) / plaque de parement

1) DÉPOSE DE LA TOITURE ET MISE EN PLACE DE L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR



COÛTS GLOBAUX

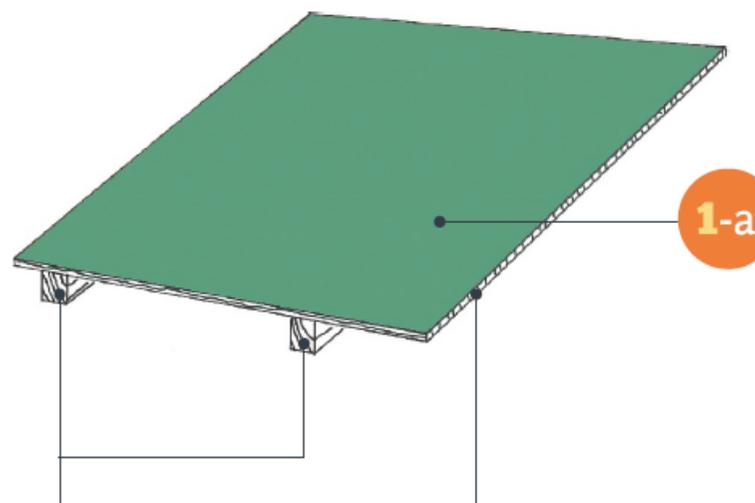
Matériaux/m² : 5 € HT

Main d'oeuvre/m² : 3.2 € HT



TEMPS DE TRAVAIL/M²

008 H



Chevrons existants
(hors lot)

Volige
(hors lot)

1-a

Frein vapeur
hygrovariable
(spécial
rénovation
toiture en ITE)

Version mise à jour en septembre 2018
© oïkos

PH 1 : isolant en sarking (fibre de bois) / plaque de parement

2) MISE EN PLACE DE L'ISOLATION EN SARKING ET DU PARE-PLUIE



COÛTS GLOBAUX

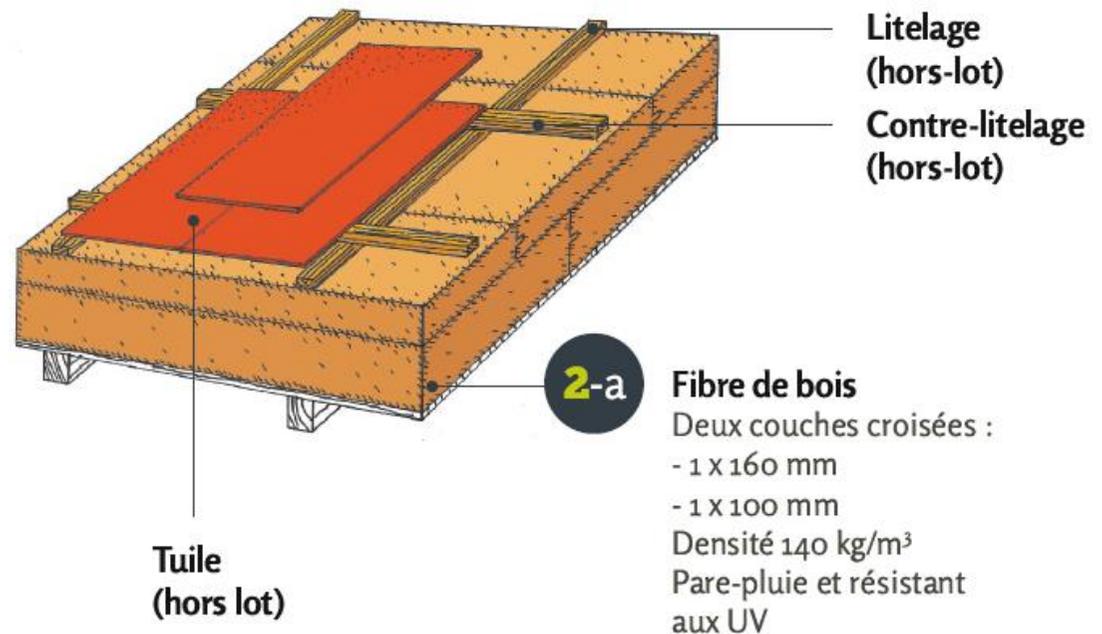
Matériaux/m² : 95 € HT

Main d'oeuvre/m² : 28.8 € HT



TEMPS DE TRAVAIL/M²

0.72 H



Version mise à jour en septembre 2018
© oikos

PH 1 : isolant en sarking (fibre de bois) / plaque de parement

3) MISE EN PLACE DU REVÊTEMENT



COÛTS GLOBAUX

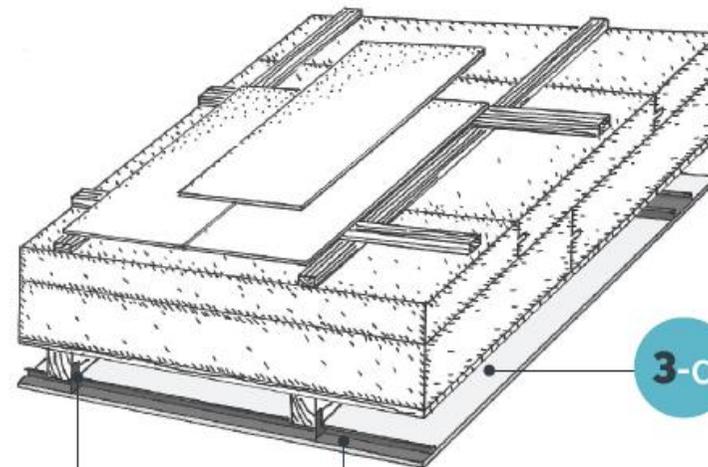
Matériaux/m² : 10 € HT

Main d'oeuvre/m² : 32 € HT



TEMPS DE TRAVAIL/M²

0.8 H



3-a

Suspente
fourrure

3-b

Fourrure
18 x 45 mm

3-c

Plaque de plâtre
Ép. 13 mm
+
Impression/
peinture

Version mise à jour en septembre 2018
© oikos