LA RÉNOVATION
POUR UN HABITAT SAIN ET ÉCOLOGIQUE
en Gascogne

Écocentre PIERRE & TERRE

VOUS SOUHAITEZ FAIRE DES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE ?

VOUS SOUHAITEZ RÉNOVER ?

VOUS SOUHAITEZ ACHETER OU FAIRE CONSTRUIRE ?

techniques et matériaux de construction

isolation thermique

priorisation des travaux

répartition des pièces

mode de chauffage

1 Visite guidée gratuite de l'écocentre

2 Rendez-vous gratuit

3 Ecodiagnostic* : visite et compte-rendu

** Les technicien·nes se déplacent à proximité de l'écocentre. Le coût de cette étude varie selon le quotient familial des propriétaires.*

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

Éditos

Rénover l'habitat n'est plus une option mais une priorité ! En Gascogne, les différents terroirs offrent un patrimoine bâti traditionnel riche et diversifié mais comme partout en France, où le secteur résidentiel consomme 55% de l'énergie totale, les maisons d'autrefois doivent être rénovées afin de limiter l'étalement urbain, faire face à la crise de l'énergie, tout en répondant aux attentes et aux modes de vie actuels.

Aimer vivre à la campagne, c'est souvent avoir le projet de rénover une maison, d'aménager son foyer, son lieu de vie, son environnement. En Gascogne, les différents terroirs offrent un patrimoine bâti traditionnel riche et diversifié mais comme partout en France, où le secteur résidentiel consomme 55% de l'énergie totale, les maisons d'autrefois doivent être rénovées pour convenir aux attentes et aux modes de vie actuels.

Pour réussir la rénovation de sa maison gasconne, il est recommandé de prendre en compte les « bonnes pratiques » présentées dans cet ouvrage. Elles permettent de valoriser la conception et les matériaux qui constituent l'architecture locale. L'enjeu étant de réaliser un habitat contemporain, sain et performant en utilisant des matériaux vernaculaires. Par ailleurs, construire avec des ressources matérielles et humaines locales est un acte important car le secteur du bâtiment est un des moteurs de l'économie locale et de l'emploi.

L'ouvrage présenté ici est le résultat d'une « construction progressive » menée par l'équipe de l'écocentre Pierre & Terre qui, depuis 1997, accompagne des chantiers de rénovation en habitat sain. Maison après maison, expérience après expérience, nous avons compilé et décrit un ensemble d'options techniques adaptées à notre contexte. **L'objectif étant de partager ces informations pour le bénéfice du plus grand nombre et pour le bien être de chacun.**

Paul Cottavoz,
président de l'association Pierre & Terre.

En tant que délégué départemental de Maisons Paysannes de France, j'interviens régulièrement à la demande des personnes qui possèdent, ou prévoient d'acquérir, une maison de "pays" pour des conseils sur leurs travaux de restauration. Assez souvent, il s'agit d'une maison froide et humide qu'il faut aménager afin de la rendre confortable sans la défigurer.

Engagée depuis plus de 15 ans en faveur de la transition écologique, l'association Pierre et Terre a acquis des bonnes connaissances pour préserver le bâti ancien et réaliser des travaux d'isolation tout en respectant le patrimoine architectural et paysager.

Cet ouvrage présente tout d'abord l'habitat traditionnel riche et varié de la Gasconne. Puis, toutes les particularités du bâti ancien sont abordées. Ainsi, nous sommes sensibilisés au danger de l'humidité emprisonnée dans les murs, nous apprenons les avantages de l'inertie des murs en pierre ou en terre, nous considérons les principes de l'habitat sain et écologique et nous découvrons d'autres choses comme la récupération de l'eau de pluie et les toilettes à compost.

En fait, il s'agit là d'un véritable guide qui nous montre de nombreuses réalisations avec des matériaux et des savoir-faire locaux ainsi que des solutions innovantes et économiques.

Avec ce guide de Pierre et Terre, nous retrouvons le bon sens des choses.

Didier Deschamps

L'association Pierre & Terre

Depuis 1997, l'association Pierre & Terre informe, anime et accompagne les porteurs de projet, notamment sur les thématiques habitat sain et assainissement écologique. **Venez découvrir l'écocentre, bâtiment pédagogique situé à Riscle (Gers), et rencontrer les technicien·nes de l'association à l'occasion de la visite guidée gratuite de l'écocentre qui a lieu chaque 1er vendredi du mois à 14h.**

+ D'INFOS : WWW.PIERREETTERRE.ORG

SOMMAIRE

PROPOS INTRODUCTIFS

Avant-propos : pourquoi rénover ? 6

La rénovation de l'habitat, un levier primordial de la transition énergétique . . . 6
De nouvelles exigences de confort . . . 6
Des économies réalisées sur les consommations d'énergie . . . 6

L'habitat traditionnel gascon 7

La Gascogne et l'Adour . . . 7
Les maisons gasconnes en milieu rural . . . 7
L'adaptation au climat . . . 8
Valoriser des matériaux locaux vernaculaires. . . . 8
... pour une mise en œuvre contemporaine. . . . 8
Les dangers d'une humidité emprisonnée . . . 9
Ne pas confondre. . . . 9
La gestion de l'humidité dans un bâtiment ancien . . . 10
Que se passe-t-il lorsque la rénovation ne prend pas en compte le bâti ancien ? . . . 10
La gestion de l'humidité dans un bâtiment récent . . . 10

Les principes de l'habitat sain et écologique 11

Un bâtiment compact. . . . 11
... et orienté au sud . . . 11
Une répartition des pièces réfléchie . . . 12
Une bonne isolation... . . . 12
... associée à une forte inertie . . . 12
La sensation de confort . . . 13
Traiter les ponts thermiques . . . 13
Choisir des menuiseries performantes . . . 13
Etanchéité à l'air et renouvellement de l'air intérieur par ventilation . . . 15
Choisir des énergies renouvelables à haut rendement . . . 15
Le chauffage et l'inertie . . . 16
Les toilettes à compost . . . 16

Intégration du bâti dans le paysage 18

En résumé, 4 éléments clés 20

EXEMPLES DE RÉALISATIONS CONCRÈTES

Fiches techniques 22

Fondamentaux /suppression de l'humidité

Démolition des enduits et trottoir en ciment 24
Démolition manuelle des enduits ciment 25
Hérisson drainé 26
Restauration d'une maison en pan de bois 27
Reprise d'un mur à colombages 28
Restauration d'un torchis sous enduit de ciment 29

Ouvertures et menuiseries

Création d'une véranda solaire au sud 30
Agrandissement des ouvertures en façade sud 31
Agrandissement des ouvertures en façade sud 32
Création d'ouvertures en façade sud 33
Création d'une ouverture dans un mur en pierre 34
Amélioration thermique d'une porte ancienne 35
Amélioration des performances d'un vitrage 36

Isolation toit, mur et sol

TOITURE
Isolation des combles perdus en laine de mouton 37
Isolation des combles perdus en ouate de cellulose 38
Isolation mixte de la toiture (laine de bois et ouate) 39
Réduction de la double hauteur sous plafond 40
Diminution du volume à chauffer en toiture. 41
MURS
Isolation extérieure en laine de bois sous bardage 42
Isolation extérieure en ouate de celullose sous bardage 43
Isolation extérieure en fibre de bois sous enduit 44
Isolation extérieure en paille sous bardage 45
Murs en terre-paille allégé 46
Correction thermique en chaux-chanvre 47
Correction thermique en chaux-chanvre 48
SOL
Dalle en chaux-pouzzolane. 49
Isolation du plancher avec de la paille en vrac 50

Finitions et aménagement intérieur

Peinture à la caséine 51
Enduit intérieur à la terre 52
Enduit extérieur à la chaux 53
Cloison intérieure avec isolation phonique 54
Sol en carreaux de terre cuite neufs 55
Sol en carreaux de terre cuite anciens récupérés 56

Energies et chauffage

Démolition de la cheminée et tuyau simple peau. 57
Remplacement de l'insert par un poêle à bois 58
Système de chauffage bois bouilleur 59
Poêle de masse 60
Plancher chauffant basse température 61
Solaire thermique & chaudière automatique 62

Eau et assainissement écologique

Récupération d'eau pluviale 63
Assainissement par filtres à broyat de bois. 64
Toilette unitaire gravitaire reliée au composteur. 65
Toilettes à séparation reliée au composteur 66
Toilettes à séparation avec composteur extérieur 67

Annexes

Simple vitrage : changer ou conserver et améliorer 69
Chauffage au bois : poêle ou cheminée ? 72
Hauteur sous plafond : du simple au double ! 73

Ressources & Bibliographie 74

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

AVANT-PROPOS : POURQUOI RÉNOVER ?

La rénovation de l'habitat, un levier primordial de la transition énergétique

Basé à Riscle, à la confluence des départements du Gers, des Landes, des Hautes-Pyrénées et des Pyrénées Atlantiques, l'écocentre Pierre & Terre œuvre depuis 1997 pour la promotion des alternatives écocitoyennes sur le territoire gascon. Engagé depuis sa création en faveur de la transition énergétique, l'écocentre informe, anime et accompagne les ménages, professionnels, collectivités.... dans leurs réflexions et projets de rénovation énergétique et habitat écologique.

Implantée au cœur d'un territoire rural avec un habitat majoritairement dispersé, ancien et énergivore, la zone d'intervention de l'écocentre se caractérise par une démographie stable, une population vieillissante et des revenus moyens modestes avec une majorité de ménages non imposables. Au niveau de l'habitat, 45% des logements sont antérieurs à 1950. Peu ou pas isolés, ils sont souvent surdimensionnés (trop spacieux) par rapport aux besoins des habitants : les familles sont moins nombreuses qu'auparavant (augmentation des familles mono-parentales) et les différentes générations ne vivent plus forcément sous le même toit. Les maisons plus récentes, des années 50 à 90, sont généralement toutes aussi énergivores car elles sont construites en blocs de ciment, présentant des ponts thermiques importants et une orientation non optimale. Enfin, les maisons contruites après 90, bien que plus performantes, représentent moins de 20% du parc immobilier sur le territoire.

De nouvelles exigences de confort

Grâce à une bonne répartition des pièces mais aussi une isolation performante, notamment au niveau de la toiture, il est possible d'atteindre un bon niveau de confort. Pour aller plus loin, il exista aujourd'hui des systèmes de chauffage performants qui génèrent une chaleur homogène et contrôlée, des menuiseries de grande taille créent des espaces lumineux et ouverts, la ventilation mécanique contrôlée qui renouvelle l'air pour un intérieur plus sain, notamment en cas d'habitat humide...

Dans le cas d'une rénovation, ces critères de confort et de bien-être sont également recherchés. L'enjeu consiste donc à préserver et adapter le bâti ancien en revisitant des procédés et savoirs vernaculaires selon une approche contemporaine respectant à la fois la santé et le bien-être des usagers (isolation et confort thermique notamment), le patrimoine architectural et l'environnement.

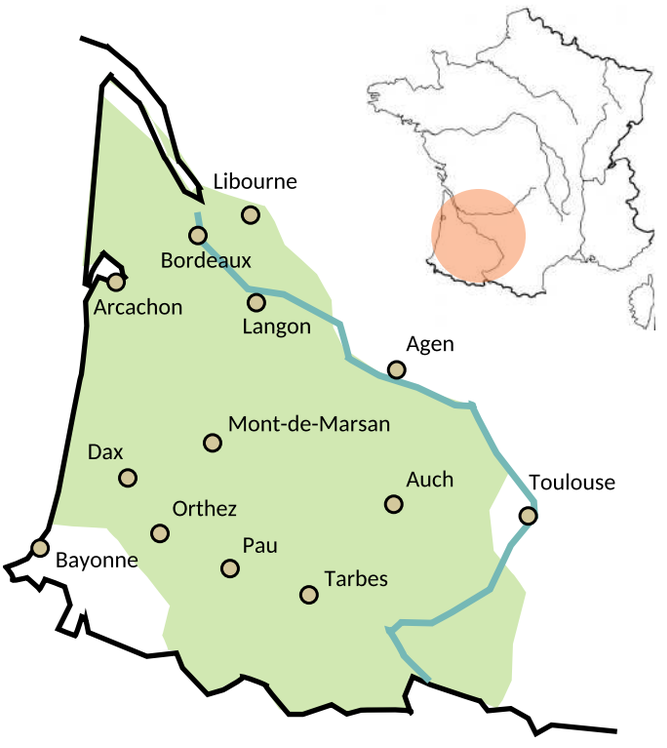
Des économies réalisées sur les consommations d'énergie

Les charges entrainées par la surconsommation énergétique des logements pèsent lourdement sur les ménages du territoire et représentent, pour certains d'entre eux, un poste de dépense important qui est parfois difficile à assumer. Une rénovation énergétique réussie permet de réduire ces dépenses en améliorant les performances thermiques du bâtiment.

L'HABITAT TRADITIONNEL GASCON

La Gascogne et l'Adour

Le nom de Gascogne apparaît au début du VII[e] siècle pour désigner une principauté appuyée sur les contreforts montagneux des Pyrénées, ouverte sur l'océan Atlantique et se déployant au sud de la Garonne.



Riche de son patrimoine, une forte identité gasconne subsiste encore de nos jours. Depuis quelques années, ce nom tend à réapparaître comme appellation touristique pour désigner son cœur historique : le Gers. Le territoire d'intervention de l'écocentre s'inscrit dans ce contexte historique gascon. Il est caractérisé par une identité rurale et agricole forte par ses paysages et ses activités. On trouve des cultures céréalières et un peu d'élevage sur la plaine alluviale de l'Adour et ses affluents. Sur les coteaux, la viticulture et l'élevage sont associés à des boisements. La pierre, le bois, le galet et la terre crue sont les principaux matériaux de construction traditionnels.

Les maisons gasconnes en milieu rural

L'habitat sur ce territoire est principalement rural et dispersé. Concernant l'habitat vernaculaire, il existe autant de types de maisons gasconnes que de terroirs, néanmoins on retrouve certaines caracéristiques constantes.

L'agencement de la maison (logement et annexes agricoles) reflète le statut social de ses habitants. Plus la partie réservée au logement de la famille est grande, plus sa condition est aisée. Ainsi, l'oustal du maître se différencie de la borde du métayer. Par ailleurs, cette dernière utilise régulièrement le colombage et le torchis (notamment à l'étage) alors que l'oustal privilégie la pierre maçonnée.

Le lieu d'implantation des maisons correspond généralement à un habitat historique ou opportun. Traditionnellement, les maisons ont un nom qui évoque celui d'un ancien propriétaire, d'une activité ou d'un autre caractère propre au site.

Oustal de maître

De plus, l'habitat était lié aux activités saisonnières. En hiver, dans les bordes, la fumée de cheminée contribuait à la conservation du grain qui était stocké dans le grenier et jouait le rôle d'isolant. Consommé tout au long de la saison froide, le stock était ensuite refait lors de la récolte.

Borde de métayer

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

Borde de métayer. Les façades sud et est sont ouvertes.
Un débord de toit crée une terrasse ombragée à l'est, aussi appelée "amban".

L'adaptation au climat

Les modes de construction vernaculaires reflètent une connaissance approfondie de la région et de son climat. Ainsi, nous pouvons profiter de cette expérience en étudiant notamment, sur les maisons anciennes, leur site d'implantation et leur orientation selon la stratégie bioclimatique.

Sur le territoire gascon, on retrouve certaines constantes. La façade principale a une orientation comprise entre le sud et l'est. Elle s'ouvre généralement sur une cour protégée des vents dominants et des précipitations par une dépendance à l'ouest. Un appentis ou une grange au nord fait office d'espace tampon et abrite la partie habitée du froid. La façade exposée à l'est, souvent ombragée par un auvent, offre un lieu frais pour les après-midis d'été.

Valoriser des matériaux locaux vernaculaires...

Les constructions anciennes traditionnelles sont entièrement réalisées avec des matériaux vernaculaires sains et naturels comme la terre, le bois et la pierre. Par nécéssité et bon sens, on utilisait les matériaux disponibles localement.

De nos jours, il est possible de trouver tous types de matériaux industriels en magasin, cependant, l'usage de matériaux locaux de qualité permet d'une part de réduire l'empreinte écologique de la construction et d'autre part de relocaliser notre économie.

Les matériaux traditionnels sont pour la plupart réutilisables et/ou biodégradables. Ainsi, le gaspillage et les déchets sont évités. C'est l'ensemble du cycle de vie du matériau qui est donc pris en compte.
Par ailleurs, ces matériaux qui intuitivement peuvent

Mur terre crue et colombages

paraître peu durables, comme la terre crue, ont été éprouvés par l'homme depuis bien longtemps comme en témoignent la persistance de constructions vieilles de plusieurs centaines d'années. Cette durabilité s'explique notamment par la facilité d'entretien de ces bâtiments : la réparation ou le remplacement d'éléments sont pensés dès la construction. Ainsi, le torchis peut aisément être réparé dans un mur en pans de bois, un enduit en terre sera facilement retouché...

... pour une mise en œuvre contemporaine

Les aspirations et les attentes des personnes, l'évolution de nos modes de vie et exigences en termes de confort... tendent à modifier la façon dont nous concevons et construisons aujourd'hui. Il est tout à fait possible et même souhaitable de continuer à utiliser des matériaux traditionnels, néanmoins, leur mise en œuvre a évolué pour s'adapter aux contraintes de notre époque : hautes performances thermiques, coûts et rapidité de mise en œuvre, etc.

Quelques exemples de techniques récentes utilisant des matériaux locaux, sains, naturels et anciens :

- La brique de terre crue comprimée (BTC)
- La botte de paille
- La paille porteuse
- Le terre-paille allégé coffré

Il est donc bon de laisser libre cours à la créativité et favoriser la recherche afin de trouver de nouvelles techniques écologiques et performantes.

Ci-dessus : chantier ossature bois remplie en paille
Ci-dessous : mur en terre-paille allégé

Mur de pierres et enduits dégradés par l'humidité

Les dangers d'une humidité emprisonnée

Les problèmes liés à l'humidité dans l'habitat peuvent avoir des conséquences graves et impacter la solidité structurelle, la performance thermique et la santé des habitants :

- gonflement et pourrissement du bois ;
- prolifération d'insectes xylophages (termites) ;
- dégradation des matériaux de construction ;
- inefficacité de l'isolation ;
- apparition de salpêtre ;
- développement de bactéries et champignons ;
- sensation d'inconfort et de froid "humide".

Ne pas confondre...

Il faut bien distinguer la perméabilité à l'air, à l'eau et à la vapeur d'eau. Il est primordial pour le confort hygro-thermique des habitants qu'un bâtiment soit perméable à la vapeur d'eau (utilisation de matériaux "respirants"). Pour sa bonne tenue, il doit être, à l'inverse, imperméable à l'eau et autant que faire se peut, à l'air.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

La gestion de l'humidité dans un bâtiment ancien

Les parois des maisons anciennes sont perspirantes, c'est-à-dire qu'elles sont composées uniquement de matériaux perméables à la vapeur d'eau. Ainsi, l'humidité circule librement à travers les parois et s'évapore naturellement sans causer de dégât. Ce type de paroi permet la régulation de l'humidité ambiante intérieure, en absorbant l'excès d'humidité puis en restituant naturellement la vapeur d'eau lorsque l'air est trop sec.

Que se passe-t-il lorsque la rénovation ne prend pas en compte le bâti ancien ?

Si une paroi ancienne (sol, mur...) est recouverte d'un revêtement étanche, l'humidité se retrouve piégée à l'intérieur. Prenons l'exemple d'une maison dont les murs ont été enduits au ciment (intérieur et extérieur), avec ajout d'un trottoir, d'une dalle ciment et d'un carrelage. L'humidité du sol est alors complètement bloquée : le seul échappatoire possible pour l'humidité du sol, c'est le mur, qui va se gorger d'eau. L'humidité va continuer à monter et va passer par les solives du plancher puis par le bois de la charpente. De gros dégâts sur les murs et la structure en bois vont alors apparaître (figure 1 ci-contre).

Cette même maison peut retrouver une bonne perméabilité à la vapeur d'eau après quelques travaux. Les désordres engendrés peuvent être traités par la suppression des causes en amont en enlevant tous les éléments étanches (ciment...).

Si le sol est très humide, on peut mettre en place un hérisson avant une dalle à base de chaux. Les enduits intérieurs peuvent être réalisés en terre crue, tandis que les enduits extérieurs seront à base de chaux aérienne. À la place du trottoir, un drain enterré fait tout le tour de la maison et des plantes peuvent être plantées en pied de mur. L'humidité circule à nouveau librement (figure 2 ci-contre).

Enduit ciment recouvrant un mur en terre

Figure 1

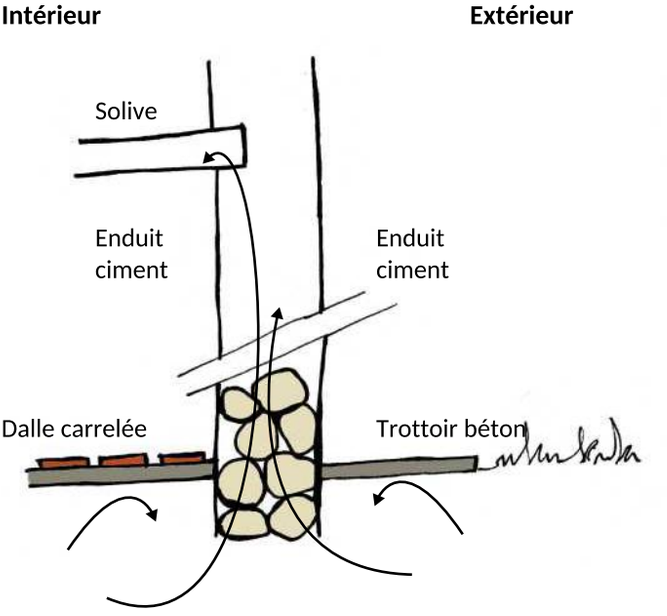
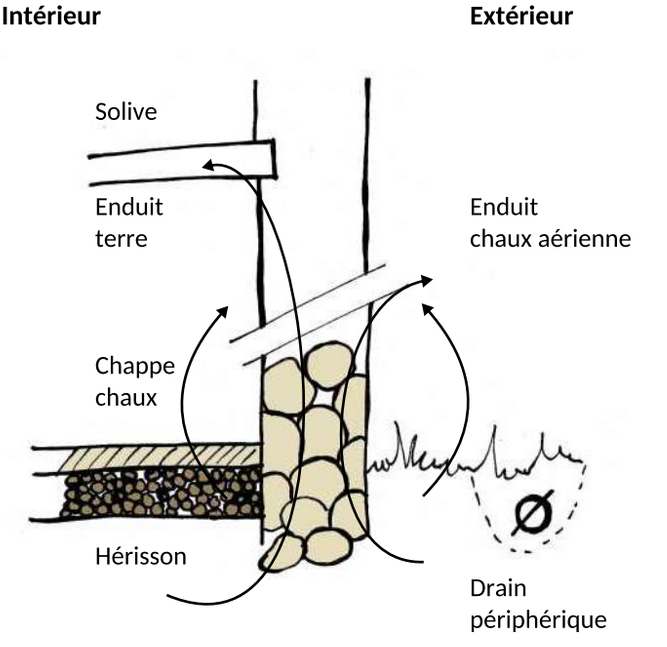


Figure 2



La gestion de l'humidité dans un bâtiment récent

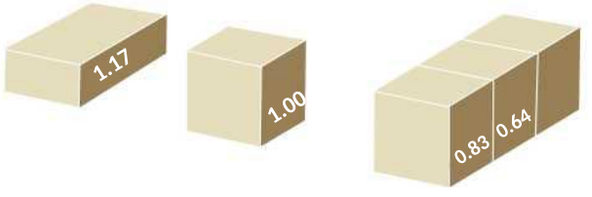
Les constructions récentes (depuis 1960 environ) fonctionnent comme des boîtes complètement étanches. Les parois empêchent la circulation de l'humidité à cause des matériaux imperméables comme le ciment, le béton, le plastique... L'humidité générée par les habitants (respiration) et par l'usage de la maison (cuisine, douche...) doit être évacuée par renouvellement forcé de l'air, grâce à un système de ventilation mécanique.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

LES PRINCIPES DE L'HABITAT SAIN ET ÉCOLOGIQUE

Un bâtiment compact...

On comprend facilement qu'une maison cubique avec un étage est plus facile à chauffer qu'une maison en forme de "L" de plain-pied... La compacité est évaluée grâce au coefficient de forme : c'est le rapport entre la surface de l'enveloppe (sols + murs + plafonds en m²) et le volume (en m³). Plus cette valeur est faible, plus le bâtiment est compact. L'idéal est une valeur comprise entre 0,6 et 1.



Dans cet exemple, on compare le coefficient de forme de quatre logements de 72 m². Le bâtiment carré sur deux niveaux (au centre du schéma) est pris comme référence. On voit que le bâtiment rectanguaire de plain-pied (à gauche) est moins compact, donc plus déperditif. Au contraire, les bâtiments qui partagent un ou deux murs avec un voisin (logements mitoyens à droite) sont plus compacts et donc plus faciles à chauffer.

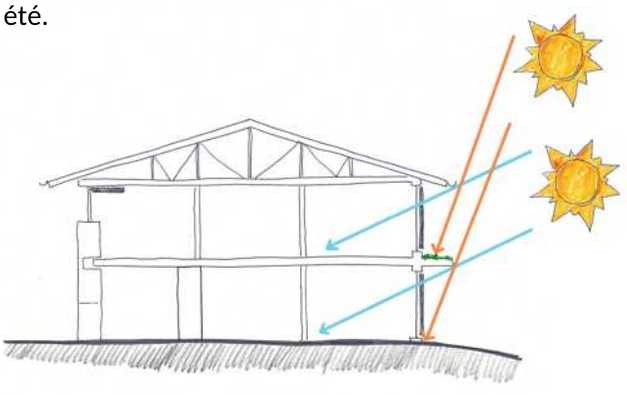
Pour un même volume, la compacité permet donc de réduire les surfaces en contact avec l'extérieur, dites déperditives. Plus le bâtiment est compact, plus ses performances thermiques sont hautes et plus il est économe en énergie. Par exemple, une maison isolée a plus de facilité à atteindre un bon niveau de performance sur deux étages plutôt que de plain-pied.

... orienté au sud

Une bonne orientation permet de profiter des apports solaires tout en se protégeant des agressions climatiques (froid, intempéries, surchauffes estivales...). Ainsi, en France métropolitaine, il sera avantageux d'ouvrir la façade au maximum côté sud et de limiter les vitrages sur les autres façades, particulièrement au nord et à l'ouest. En effet, le nord est plus déperditif car il

Création d'une grande ouverture au sud sur une maison ancienne

n'est jamais ensoleillé en hiver. L'ouest est souvent exposé aux intempéries l'hiver, alors que l'été il est propice aux surchauffes l'après-midi. La course du soleil diffère selon la saison. L'hiver, il est plus bas, se lève sud-est et se couche sud-ouest. Il faut donc des vitrages au sud pour capter la chaleur. L'été, le soleil se lève nord-est et se couche nord-ouest. Les ouvertures à l'est et à l'ouest sont exposées. Quant aux grandes ouvertures au sud, elles ne sont pas gênantes et faciles à ombrager car le soleil est haut en milieu de journée en été.



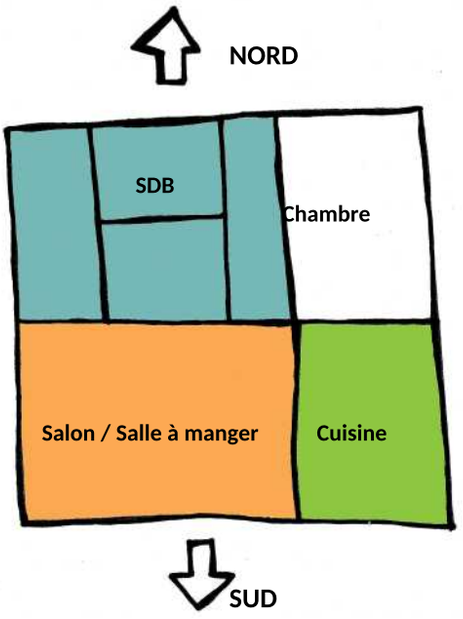
Dans les maisons anciennes, les ouvertures, plutôt petites, ne se trouvaient pas ou peu au sud. Les paysans préféraient se protéger du soleil dont ils profitaient déjà largement durant leur journée de travail. Par ailleurs, leurs exigeances en termes de chauffage étaient moins élevées. De ce fait, en rénovation, il est souvent préférable d'augmenter la surface vitrée en façade sud.

Les constructions modernes ne tiennent pas forcément compte de ces paramètres essentiels et pleins de bon sens. Dans certains lotissements récents, il est même difficile de distinguer le nord du sud, tant les maisons semblent orientées de façon aléatoire.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

Une répartition des pièces réfléchie

Dans une maison, les exigences de confort varient en fonction des modes de vie mais aussi et surtout du temps passé et des activités menées dans chaque pièce. Dans les pièces de vie où l'on passe généralement le plus de temps (cuisine, salon et salle à manger), il est important d'avoir de la lumière ainsi qu'un bon confort thermique. Il est donc conseillé de placer ces pièces au sud et d'y créer de grandes ouvertures. La cuisine plus précisément peut être orintée sud-est afin de bénéficier de la lumière du matin (petit-déjeuner...). Des apports en lumière moindres ainsi qu'une température légèrement plus basse sont acceptés dans les chambres, qui peuvent donc être installées au nord. Enfin, les lieux où l'on passe moins de temps (circulation, rangements, buanderie...) peuvent servir d'espaces tampon, plutôt au nord, pour protéger les autres pièces du froid.

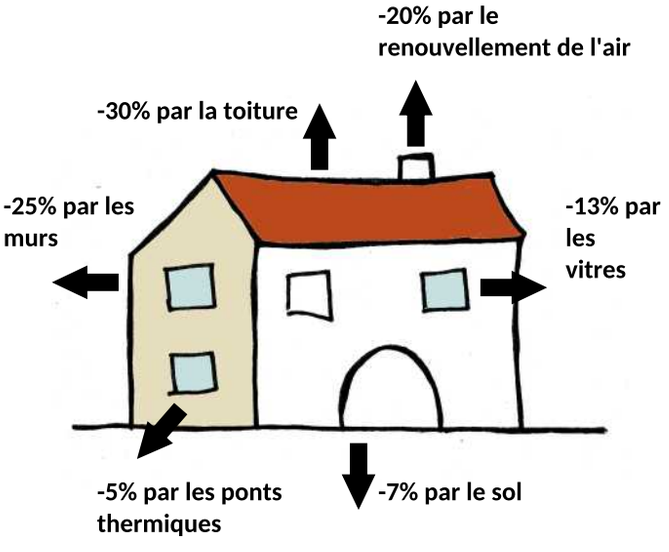


L'aménagement intérieur doit aussi prendre en compte le système de chauffage. L'idéal est de le placer au centre de l'espace à chauffer. Enfin, une bonne organisation des pièces permet de réduire les circulations et donc d'avoir plus d'espaces de vie pour la même surface totale. Toutes ces recommandations sont à adapter aux besoins individuels et à la configuration du bâtiment.

Une bonne isolation...

Une bonne isolation est indissociable d'un bâtiment performant, puisque c'est ce qui empêche la chaleur et la fraicheur de traverser les parois. Les matériaux isolants sont des matériaux légers. Ils contiennent une grande proportion d'air statique (emprisonné) qui ralenti les transferts de chaleur. La performance d'un isolant se mesure par sa conductivité thermique (exprimée en W/m.K) : plus celle-ci est faible, plus le matériau est performant. La résitance thermique (R, exprimée en m².K/W) s'obtient avec la formule R=e/, où e désigne l'épaisseur de l'isolant. Plus le R est élevé, plus la couche d'isolant mise en place est performante. À titre d'exemple, la règlementation actuelle (RE 2020) impose un R minimum de 4 pour les murs d'un bâtiment neuf.

Répartition des déperditions dans une maison non isolée. Le plus gros poste déperditif est la toiture car la chaleur monte et s'échappe par le toit



Il est donc priomordial d'isoler correctement sa toiture, et ce en priorité. Il existe plusieurs techniques pour isoler le toit : combles perdus, rampants, mixte... Mais il faut garder à l'esprit que moins le volume est important, plus facile sera le chauffage de ce dernier. Pour comparer ces mises en oeuvre, une annexe est disponible "Hauteur sous plafond : du simpe au double !".

... associée à une forte inertie

L'inertie est la capacité d'un matériau à stocker de la chaleur et/ou de la fraicheur puis à la restituer sur un temps plus long. C'est ce que l'on appelle le déphasage thermique. Une forte inertie permet donc de lisser les

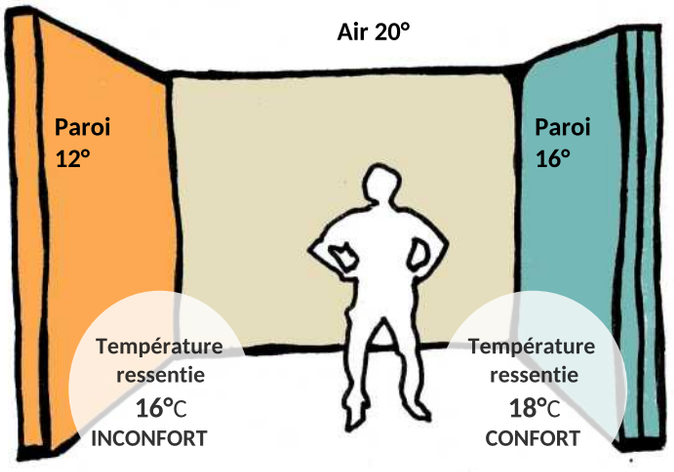
Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

écarts de température à l'intérieur. En été, on profitera la journée de la fraicheur accumulée durant la nuit. En hiver, on bénéficiera en soirée de la chaleur accumulée en journée. Un mur à forte inertie placé à proximité d'un système de chauffage permet également de bénéficier de la chaleur longtemps après que le chauffage soit éteint car il va stocker puis rediffuser les calories produites.

Les matériaux à forte inertie sont des matériaux lourds comme la pierre, la terre, le sable... La majorité des maisons traditionnelles sont construites en pierre ou en terre et présentent donc une bonne inertie. S'il est nécessaire d'augmenter l'inertie dans la maison, la pose de carreaux de terre cuite ou d'un enduit en terre crue constituent de bonnes solutions.

La sensation de confort

La température des parois d'une pièce (murs, vitres, sol et plafond) est essentielle au confort thermique. Elle a un impact au moins aussi important que la température de l'air. La température ressentie par le corps humain est globalement la moyenne entre la température de l'air et celle des parois.

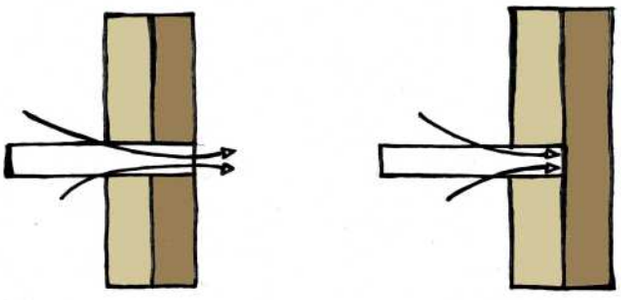


Le schéma ci-dessous l'illustre bien : avec une température de l'air de 20°C, on peut avoir froid ! Si la température des murs est de 12°C, ce qui est courant avec des murs non isolés, on obtient un ressenti de température de 16°C (moyenne entre 12 et 20) avec une sensation de paroi froide.

Par contre, si les murs sont à 16°C, la température ressentie est de 18°C : la plupart des personnes seront en situation de confort.

Traiter les ponts thermiques

Les ponts thermiques sont des ruptures dans l'isolation qui génèrent des déperditions thermiques importantes à un endroit donné. Un pont thermique peut être linéaire (souvent la jonction entre deux parois) ou ponctuel (la jonction entre trois parois ou un point particulier tel que l'encastrement d'une poutre). Pour corriger ou éviter les ponts thermiques, il est crucial de soigner la mise en œuvre de l'isolation. Un des points particulièrement importants est la jonction entre les murs extérieurs et les autres éléments constructifs : plancher bas, plancher intermédiaire, toiture, murs de refend, balcons...



Jonction entre le plancher et le mur extérieur, avec isolation par l'intérieur et par l'extérieur

Dans le cadre d'une rénovation, ce type de pont thermique est plus facile à traiter avec une isolation par l'extérieur. Elle permet de créer une enveloppe continue qui conserve la chaleur de la maison. Les murs, qui ont généralement une bonne inertie, se retrouvent alors à l'intérieur du volume chauffé. Voilà pourquoi cette solution est souvent conseillée, lorsque sa mise en œuvre est possible. Avec une isolation par l'intérieur, on se couperait complètement des avantages liés à l'inertie des murs, qui participent à réguler la température dans la maison.

Autres ponts thermiques fréquents :
- pourtour de menuiserie ;
- coffre de volet roulant ;
- seuil de porte ;
- gaine et conduit.

Choisir des menuiseries performantes

La performance d'une menuiserie se mesure avec trois cœfficients : U_w, S_w et TL_w.

• Le cœfficient de transmission thermique U_w: il s'agit de la capacité de la fenêtre à transmettre la chaleur, donc les déperditions thermiques. Plus ce cœfficient est bas, plus la fenêtre est isolante. À titre indicatif, une

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

À dimensions égales, les baies vitrées grand jour présentent un meilleur apport lumineux et thermique que celles à petits carreaux

fenêtre à simple vitrage des années 70 a un cœfficient U_w d'environ 6W/m².K, tandis que la plupart des fenêtres vendues aujourd'hui ont un cœfficient U_w<1.6W/m².K. Choisir des cadres en bois local et écarter sans hésitation aucune les matériaux du type bois exotique, alu ou PCV, bien connus pour leurs impacts humains et environnementaux absolument désastreux.

• Le facteur solaire S_w : c'est la capacité de la fenêtre à transmettre la chaleur des rayons du soleil (infrarouges). Il est compris entre 0 et 1. Plus ce facteur se rapproche de 1, plus la chaleur du soleil sera transmise à l'intérieur.

• Le facteur de transmission lumineuse TL_w : c'est la capacité de la fenêtre à transmettre la lumière. Il est compris entre 0 et 1. Plus il est élevé, plus la fenêtre laissera passer la lumière naturelle.

Les besoins concernant une rénovation dépendent de l'orientation et de la taille des ouvertures.

Le double vitrage permet de laisser passer la lumière et les rayons calorifiques du soleil.

En fonction du projet, le simple vitrage bois peut être conservé en façade sud car il y aura plus d'apports que de déperditions. Prévoir néanmoins d'ajouter des volets en compléments. Une note explicative est disponible en annexe : *"Simple vitrage : changer ou conserver et améliorer"*.

Le triple vitrage garantit moins de déperditions mais ne permet pas de bénéficier des apports thermiques gratuits de manière optimale. Il sera adapté sur les petites ouvertures de la façade nord, si le budget le permet. Une fois encore, les volets sont essentiels. En façade nord comme en façade ouest, où les déperditions thermiques sont les plus fortes, il est possible de doubler les volets avec un isolant, par exemple des panneaux de liège.

De manière générale, des volets bien isolés constituent la meilleure solution, mais aussi la plus économique, pour limiter les déperditions thermiques liés au vitrage.

Volet intérieur isolé avec du liège

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

Étanchéité à l'air et renouvellement de l'air intérieur par ventilation

La plupart des maisons anciennes ne sont pas étanches à l'air. Les fuites d'air viennent des menuiseries, des cheminées et autres ouvertures. Cette perméabilité à l'air était autrefois nécéssaire au renouvellement de l'air intérieur, pour évacuer l'humidité et les odeurs. Mais elle comporte des désavantages, comme des courants d'air inconfortables et des déperditions thermiques importantes. Une rénovation saine devra prendre en compte ce paramètre. Le remplacement des menuiseries, l'installation d'un poêle à bois à la place de la cheminée peuvent améliorer l'étanchéité à l'air. Pour assurer la ventilation qui ne se fait plus naturellement, il est conseillé d'installer un système mécanique, qui peut être limité aux pièces humides.

La ventilation est en effet essentielle à la qualité de l'air intérieur : elle permet d'évacuer l'humidité générée par l'occupation du bâtiment, ainsi que les divers polluants qui se trouvent dans l'air (revêtements intérieurs, peintures, meubles...). Elle constitue aussi un des principaux postes de déperdition d'un bâtiment : elle repose sur un renouvellement de l'air, c'est-à-dire le remplacement de l'air chauffé (intérieur) par de l'air neuf qui est prélevé à l'extérieur, donc potentiellement très froid.

Il existe plusieurs solutions, selon le budget et le niveau de performance souhaité :

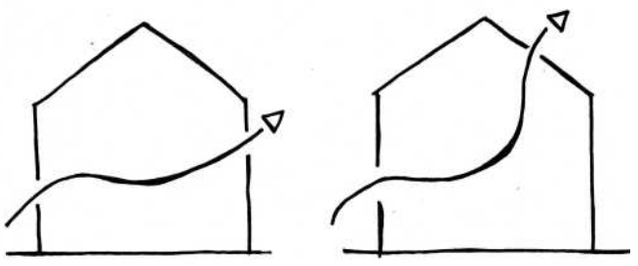
La VMC simple flux : c'est le système le plus courant. Des ouvertures au-dessus des menuiseries dans les pièces de vie laissent entrer un débit limité d'air et des extracteurs situés dans les pièces dites humides (salle de bain...) assurent le renouvellement.

La VMC simple flux hygroréglable B : il s'agit d'une ventilation mécanique qui s'adapte au niveau hygrométrique à l'intérieur de la maison. Le taux de renouvellement de l'air est donc plus faible qu'avec une VMC simple, ce qui permet de réduire la consommation énergétique.

La VMC double flux : avec ce type d'installation, l'air entrant est rechauffé par l'air sortant grâce à un échangeur. Elle permet de limiter fortement les déperditions. Bien que ce système soit coûteux et gourmand en travaux et espaces occupés, il est également le plus performant.

Selon les périodes de l'année, modes de vie ou configuration du bâtiment, il est possible de pratiquer une ventilation naturelle gratuite et ne nécessitant aucun consommation énergétique.

Pour ce faire, l'air doit circuler d'une façade à l'autre, ou d'une façade vers le toit. La ventilation naturelle consiste à profiter de la pression éolienne (c'est-à-dire les vents) et du mouvement ascendant naturel de l'air chaud pour créer un tirage et assurer le renouvellement de l'air.



Sens de circulation de l'air dans le cas d'une ventilation naturelle

Choisir des énergies renouvelables à haut rendement

Avant toute chose, il est important de rappeler que l'énergie la moins chère est celle que l'on ne consomme pas (isolation) puis celle que l'on ne paie pas (soleil). Ces deux données sont fondamentales dans la conception d'un habitat écologique performant.

Parmi les équipement existants, il est nécessaire de faire ses choix en fonction de son budget d'investissement initial mais aussi des caractéristiques géographiques et climatiques du terrain. L'idéal est de bien réfléchir au projet et mener une étude préalable avant de se décider (quelles sont mes consommations, quelles sont les caractéristiques climatiques de ma région, l'exposition de mon terrain...).

Équipements producteurs d'électricité :
- solaire photovoltaïque ;
- éolienne.

Équipements producteurs de chauffage :
- vitrages au sud ;
- poêle faible inertie (bois, granulés) ;
- poêle forte inertie (poêle de masse) ;
- solaire thermique.

Nettoyage des panneaux solaires

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

Le chauffage et l'inertie

En choisissant un système de chauffage, il est important de prendre en compte l'inertie : des éléments à forte inertie (briques réfractaires, maçonnerie à la terre...) autour ou intégrés dans le système de chauffage permettent de générer une chaleur homogène diffusée par rayonnement, donc très confortable. C'est sur ce principe que fonctionnent les poêles de masse et les planchers ou les murs chauffants. Mais l'inertie réduit aussi la réactivité du système : un maison à très forte inertie peut mettre plusieurs jours avant de se réchauffer entièrement. Si le logement est souvent inoccupé, il vaut peut-être mieux opter pour un système plus réactif.

Poêle installé en dehors de la cheminée

Ce qui est certain, c'est que les cheminées ouvertes présentent dans toutes les maisons anciennes n'ont aucun avantage thermique. Il est conseillé de les supprimer (en commençant par la sortie de toiture) et d'installer un poêle au bon endroit (de préférence pas sur un mur périphérique). Une note explicative sur les différents mode de chauffage au bois est disponible en annexe : *"Chauffage au bois : poêle ou cheminée ?"*.

Les toilettes à compost

Les toilettes à compost, également appelées "toilettes sèches", sont des toilettes qui fonctionnent sans eau. Leurs avantages sont multiples avec notamment l'arrêt d'une pollution nitratée, phosphatée et bactérienne importante liée à nos déjections.

En éliminant nos déjections de la voie aquatique, on diminue la pollution azotée et la pollution phosphatée de nos rivières « et l'on supprime quasiment entièrement la pollution bactérienne » (D.Marchand, ingénieur sanitaire DRASS). À contrario, avec des toilettes à eau, même épurée par nos systèmes d'assainissement non collectif et nos stations d'épuration, cette pollution reste en partie existante même après traitement.

Par ailleurs, le compost produit par l'utilisation de toilettes sèches permet une récupération d'unités d'azote et de phosphore importantes pour notre autonomie agricole. L'élément essentiel de cette technique consiste à mener une réflexion culturelle afin de percevoir nos matières comme une biomasse constituée d'éléments nutritifs nécessaires à l'équilibre de nos sols, qu'il faut en conséquence valoriser. Enfin, la suppression de l'utilisation de l'eau pour évacuer nos excréments permet une économie de 20 % à 30 % de la consommation en eau annuelle d'un ménage.

D'un point de vue pratique, il existe aujourd'hui des modèles de toilettes sèches au design contemporain qui fonctionnent sans vidange ni ajout de sciure et qui trouvent leur place dans toutes les maisons.

Dans chaque modèle, il peut y avoir des modèles reliés

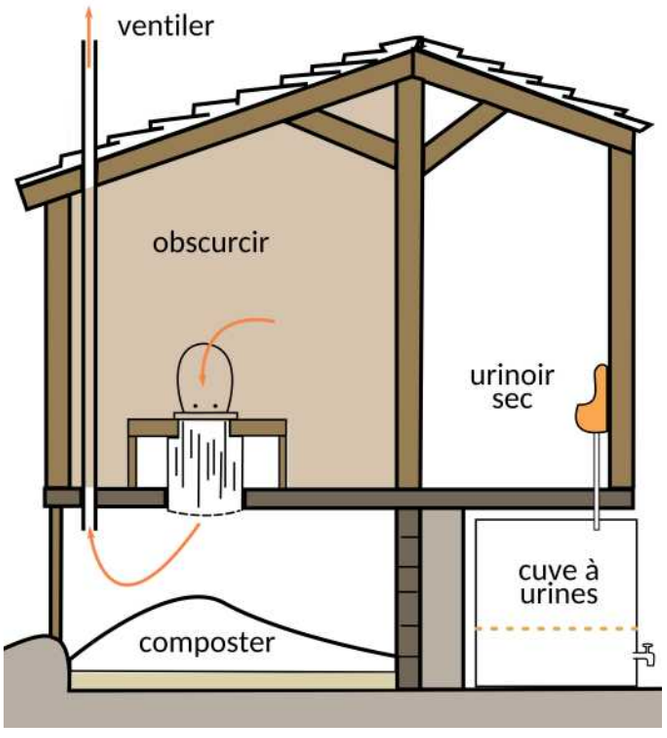
ou dissociés, et pour chaque installation, il est possible de **faire varier la taille du réceptacle**, selon la place disponible et l'autonomie souhaitée.

Comment dimensionner l'espace de compostage de mes toilettes à compost ?

Le dimensionnement du composteur varie en fonction du système choisi : de sa taille dépend l'autonomie des toilettes. Lorsque le composteur est sous les toilettes, son volume varie de 80 litres à plusieurs mètres cubes. Toujours pour une utilisation régulière par 4 personnes, les dimensions moyennes d'un composteur sont d'environ 2 m^3. Lorsque les toilettes ne sont pas directement reliées à ce composteur, il faut les vidanger régulièrement (technique plus contraignante) vers une zone de compostage à l'extérieur.

La ventilation

Elle permet de gérer les odeurs et garantit le confort d'utilisation des toilettes sèches. La ventilation s'installe dans le composteur, ou au niveau du réceptacle selon les modèles, et non au plafond de la pièce recevant les toilettes. L'évacuation de l'air se fait via la toiture ou la ventilation mécanique contrôlée si l'on décide de coupler les systèmes de circulation d'air (entrée et extraction) à la VMC.



Ci-contre : schéma de la ventilation dans les toilettes uniatires gravitaires reliées au composteur

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

INTÉGRATION DU BATI DANS LE PAYSAGE

Objectif

A chaque étape du chantier, avoir à l'esprit que **le bâti s'intègre dans un environnement plus large** : le paysage proche, et échange avec lui : lumière naturelle, végétation, relation intérieur/extérieur... Pour cela, **les matériaux, les techniques de construction et de rénovation doivent être en adéquation avec le paysage, se fondre avec les élements qui les entourent.**

Dans les fiches techniques suivants, les matériaux choisis notamment pour les menuiseries (bois) ou les enduits de façade (chaux, terre, pigments naturels) ne dénotent pas avec le paysage environnant. De même, la suppression du trottoir en ciment par exemple permet de libérer un espace qui pourra être investi par des espèces plantées comme des aromatiques près de la cuisine, des pieds de vignes pour une casquette végétale au sud...

C'est le jardin au pied de sa porte !

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

Des espaces de "transition" (sas), semi-ouverts (proche), protégés (terrasse couverte)... mais aussi des ouvertures de tailles et formes variables, peuvent être intégrés au bâti et permettent une porosité entre l'intérieur et l'extérieur.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

EN RÉSUMÉ, 4 ÉLÉMENTS CLÉS

Des m² mieux agencés = énergie économisée ! 1

ZONE DE VIE AU SUD

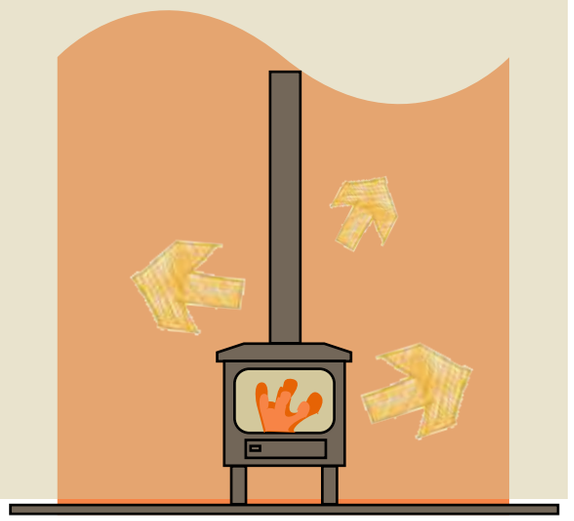
Pour l'hiver, la répartition des pièces utilisées tous les jours est primoriale : la zone en vert est une zone de vie compacte. Le chauffage du RDC bénéficie à l'étage.

2

Pour chauffer sans trop dépenser, il faut un poêle bien placé !

POELE CENTRAL

Bien souvent, le poêle à bois représente la solution la plus adaptée. Pour qu'il soit efficace, et être sûr d'avoir chaud, il doit être au coeur de la maison, sans oublier d'isoler les combles !



Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

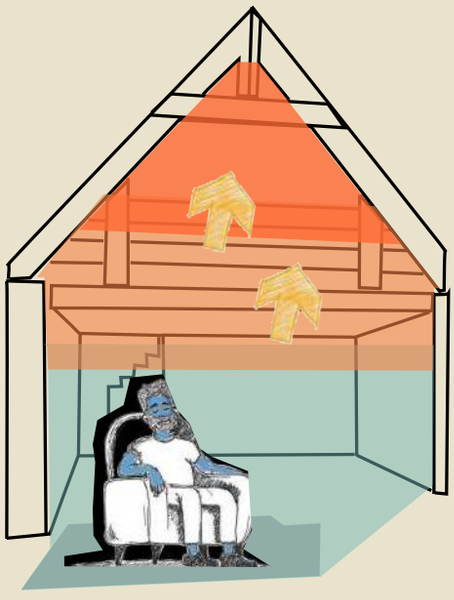
PRIVILÉGIER UN VOLUME SIMPLE

Quand on a une double hauteur : en hiver, il fait froid dans la pièce à vivre et la facture de chauffage, comme la chaleur, monte ! En été, les nuits sous rampant sont gâchées par la chaleur.

Pour éviter ces inconvénients, un volume simple et une bonne isolation à plat sont indispensables.

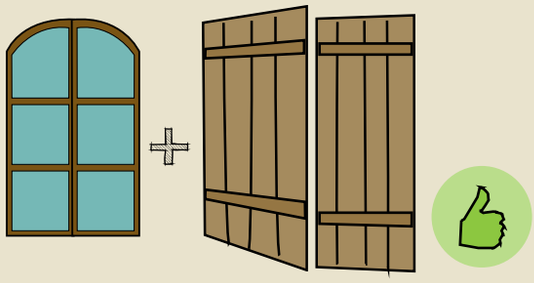
3

Avec la double hauteur, je cumule les erreurs...



4

Remplacement systématique des menuiseries = budget anéanti !



OUVRIR AU SUD ET CONSERVER LES VITRAGES EXISTANTS

Un des premiers réflexes, mais pas le meilleur : changer toutes les menuiseries, même si elles sont en bois ancien, très qualitatives et en bon état !

Une bonne restauration combinée à la pose de volets coûtera moins cher. Ce budget économisé peut permettre de changer la vie de la maison grâce à la création d'une grande menuiserie au sud : effet dedans-dehors garanti + des apports solaires et de lumière !

EN SAVOIR PLUS

Retrouvez en annexes les fiches suivantes :
- *"Simple vitrage : changer ou conserver et améliorer ?"*
- *"Chauffage au bois : poêle ou cheminée ?"*
- *"Hauteur sous plafond : du simple au double !"*

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

FICHES TECHNIQUES

FICHES TECHNIQUES

Vous trouverez dans cette série de fiches différentes techniques de rénovation présentées à travers des exemples concrets de réalisations accompagnées par l'écocentre Pierre & Terre. Les informations sont données à titre indicatif et sont spécifiques aux exemples concernés.

Cette collection de fiches techniques est en construction progressive : l'ajout au fur et à mesure de nouveaux exemples contribue à la création d'une base de données de plus en plus complète sur la rénovation écologique.

Localisation des réalisations

Les exemples choisis se situent majoritairement dans le Pays du Val d'Adour, zone d'intervention préférentielle de l'association Pierre & Terre, avec également quelques projets répartis plus largement sur les régions Occitanie et Nouvelle-Aquitaine.

Lecture des sigles

Date de réalisation des travaux.

Coût des travaux. **Les coûts sont indiqués TTC sauf mention contraire.**
Valable à la date des travaux, ces coûts ont pu varier dans le temps !

Durée des travaux.

Personnes impliquées dans les travaux : autoconstructeurs, artisans, techniciens...

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

DÉMOLITION DES ENDUITS ET TROTTOIR EN CIMENT

ESCORNEBOEUF (32)

Objectif des travaux

Permettre l'évacuation naturelle de l'humidité du sol par le mur en brique, pour éviter qu'elle ne remonte dans la charpente. Il faut pour cela ôter le ciment. Étanche et imperméable à la vapeur d'eau, il emprisonne l'humidité dans le mur, provoquant des dégats visibles (fissures et décollement de l'enduit, salpêtre, termites, dégâts sur la charpente) qui risquent d'impacter la solidité structurelle de l'édifice.

La façade avant et pendant les travaux

2014

Location burin électrique 50 €/jour
Location pelle + conducteur : 70 € x 2 h = 140 €

2,5 jours (60 m²)

1 terrassier
2 autoconstructeurs

Matériaux et outils

Pelle mécanique (8 tonnes), burin électrique, brouettes, lunettes de protection et casques anti-bruit.

Astuce

Seulement 1 mètre en pied de mur a été piqué : l'humidité peut déjà s'échapper du sol et la surface des enduits à refaire est faible. Le coût est donc réduit. Cependant, **il est fortement recommandé de retirer la totalité de l'enduit en ciment dès que possible**.

Sous le trottoir en ciment situé en façade sud, le sol est gorgé d'eau, même en plein été

Mise en œuvre

1. **Arracher le trottoir en béton** avec la pelle mécanique.
2. **Piquer l'enduit en ciment** de la façade avec le burin. Commencer par dégager un mètre en pied de mur pour un chantier "petit budget".

3. **Nettoyer et réparer les parties de mur abimées ou friables**, afin de repartir sur une base saine.
4. Laisser sécher.

Les déchets (ciment, béton) sont à apporter à la déchetterie, dans la benne gravats.

Perspectives

Après séchage du mur, il est pertinent de profiter de cette opération pour réaliser une **isolation par l'extérieur** ou à minima une correction thermique grâce à l'application d'une couche de corps isolante.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

DÉMOLITION MANUELLE DES ENDUITS EN CIMENT
PERCHÈDE (32)

Objectif des travaux

Résoudre le problème d'humidité des murs nord-est et sud-est. Laisser respirer et assainir les murs en colombages et en torchis de cette maison vieille d'au moins trois siècles. Retrouver l'esthétique patrimoniale des façades telles qu'elles étaient avant d'être enduites au ciment.

2015 - 2016

0 € (échaffaudage prêté)
30 € de petits outils

4 à 5 jours (120 m²)

2 autoconstructeurs

Matériaux et outils

Marteau de charpentier, vieux tournevis, tenailles, petit pied de biche.
Protections pour les bras, lunettes, masque, chapeau et casque anti-bruit.
Échaffaudage, brouette.

Astuce

Ce chantier est réalisable manuellement car l'enduit sur torchis et colombages est facile à décoller. Il est néanmoins important de choisir des outils légers et d'éviter de travailler par temps trop sec (poussière...) ou trop chaud (effort physique soutenu, fatigue...).

L'échaffaudage permet de travailler en toute sécurité

Le torchis (en bas) recouvert de ciment (en haut)

Mise en œuvre

1. **Enlever l'enduit**.

2. **Arracher les clous** qui tenaient le grillage sous l'enduit. Les couper au ras du mur s'ils cassent.

3. **Ôter le ciment** coincé dans les trous : taper sur les parties en bois, taper très légèrement sur les fissures ou tirer le grillage. Faire attention car de grosses plaques risquent de tomber. Le ciment part moins bien sur le soubassement de briquettes.

4. **Inspecter les colombages**, changer les pièces de bois trop abîmées avec l'aide d'un charpentier. Évacuer les gravats.

Perspectives

Laisser le torchis s'aérer plusieurs mois. En séchant, il deviendra très dur. Par la suite, si les façades ne sont pas exposées aux intempéries, appliquer un enduit extérieur à la terre après avoir comblé les trous avec du torchis neuf. Si les façades sont exposées aux intempéries, appliquer un enduit à la chaux aérienne.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

HÉRISSON DRAINÉ
SAINT-LANNE (65)

Objectif des travaux

Profiter de la réfection complète du sol pour réaliser un hérisson muni de drains afin d'évacuer l'eau qui pourrait s'y accumuler.

2009

3 drains (2 €/m)
Galets (15 €/tonne)
+ location machines 2 jours

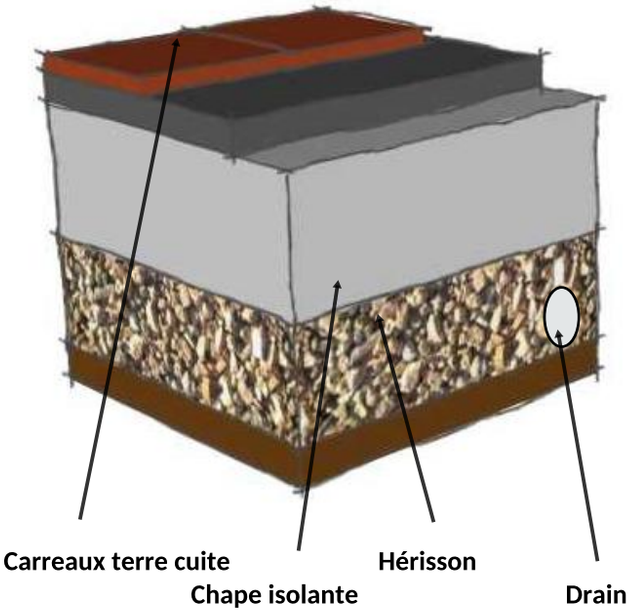
2 jours (190 m²)

2 autoconstruteurs

Matériaux et outils

Drain agricole diamètre 80 mm perforé.
Galets calibre 12/23 cm, sur 35 cm d'épaisseur.
Pelle mécanique 3 t + chargeur 1 m³.
Perforateur.
Brouette, pioche, pelle.

Schéma du sol hérisson avec drain recouvert d'une chape isolante et de carreaux de terre cuites



Mise en œuvre

1. **Décaisser le sol sur 35 cm,** avec une pente de 1 à 2 %, à la pelle mécanique et évacuer la terre à l'aide du chargeur. Dans notre exemple, les engins ont pu circuler librement car la façade sud du bâtiment a été abattue afin d'y créer ouvertures et vitrages.

2. À l'aide du chargeur, **poser une première couche de galets**.

3. Dimensionner le réseau drainant en fonction de l'humidité du terrain et de la superficie à drainer. Ici, 3 drains sont répartis sous la maison qui a une largeur de 11 m.

4. **Poser les drains** avec une règle et un niveau en gérant une pente de 2 % vers la sortie.

5. **Poser une 2ème couche de galets** pour atteindre 15 cm. Faire attention à ne pas rouler sur les drains avec le chargeur.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

RESTAURATION D'UNE MAISON À PAN DE BOIS
LUPPÉ-VIOLLES (32)

Objectif des travaux

Restaurer la structure porteuse et la charpente de cette maison en pans de bois de 1797, en respectant son caractère traditionnel. En profiter pour ouvrir la façade sud/sud-est. Valoriser les éléments d'origine, notamment les poutres en chêne, naturellement résistantes aux attaques des insectes xylophages.

2005-2006

Pierres et bois de récupération
+ 500 € de vieux chêne (pan de bois)
+ 380 € x 3 m³ chêne (charpente)

12 mois (maison de 200 m²)

2 autoconstructeurs, charpentiers de métier

Matériaux et outils

Bois de charpente : vieux chêne de récupération et acheté, pierres dures en forme de pavé droit pour plots, crics, treuils, sangles, chêvre de levage, outillage du charpentier.

Cette technique demande des connaissances en charpente traditionnelle (descente de charges, contreventement...) et une certaine dextérité. Il n'est donc pas recommandé de les entreprendre seul sans expérience préalable.

Avant et après la restauration du pan de bois

Le charpentier réutilise les bois anciens et remplace les pièces trop abîmées

Mise en œuvre

1. **Vider la structure de son remplissage**. Récupérer la terre (torchis, adobes).

2. Une fois l'ossature nue, **caler les poteaux sur des plots de pierre**, scéllés sur une fondation de 50 cm de béton de chaux. Ainsi le bois n'est plus en contact avec le sol : les remontées d'humidité par capillarité sont évitées.

3. **Remettre la structure d'aplomb et de niveau au moyen de treuils et de crics**. Démonter et récupérer les pièces de bois endommagées. Elles seront retravaillées et réutilisées. Réparer les ruptures d'assemblage dans le respect des règles de l'art (tenons-mortaises).

Perspectives

Ce chantier est l'occasion de créer et d'aggrandir des ouvertures pour un confort thermique et visuel accru. Une véranda solaire ajoutée en 2012 permet de capter les apports gratuits de la façade sud/sud-est.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

REPRISE D'UN MUR À COLOMBAGES

Aurensan (32)

Objectif des travaux

Renforcer la structure dégradée : les poteaux bois se sont décomposés sous l'action de l'humidité emprisonnée sous les enduits en ciment. Une fois l'ossature consolidée, la réfection du torchis peut commencée.

2018

Pierres de taille et bois de récupération
+ environ 70 € de matériaux

8 heures

1 autoconstructeur + 1 maçon

Matériaux et outils

Etais, tronçonneuse, marteau, perceuse-visseuse
Pierres de taille, rupture de capillarité, chaux hydraulique, sable...
Montants douglas ou poteaux de récupération

Dégradation d'un mur traditionnel à colombages après avoir enlevé l'enduit ciment

Ossature bois en cours de restauration

Mise en œuvre

1. **Piquer les enduits ciment** intérieurs et extérieurs. **Vider la structure de son remplissage**. Récupérer la terre (torchis).

2. Repérer les montants de l'ossature principale (les plus gros) et étayer la structure de la maison.

3. **Couper les poteaux bois** sur toute la partie humide/détériorée.

4. **Couler un socle à la chaux hydraulique**. Une fois sec, **y caler les poteaux sur des plots de pierre**, en insérant préalablement une rupture de capillarité. Ainsi le bois n'est plus en contact avec le sol : les remontées d'humidité sont évitées. La pierre doit être insérée en force.

Perspective

Ces travaux sont à réaliser petit à petit.
Une fois l'ensemble des montants réparés, insérer des liteaux et remplir à nouveau en torchis.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

RESTAURATION D'UN TORCHIS SOUS ENDUIT CIMENT
PERCHÈDE (32)

Objectif des travaux

Restaurer les murs en pisé, en bauge et en torchis de la grange transformée en habitation tout en rendant aux parois leur perméabilité à la vapeur d'eau. La terre offre une sensation agréable de "paroi chaleureuse" ainsi qu'un bon confort acoustique et hygrométrique.

2015 - 2016

Terre et fibres gratuits car trouvés localement

Chantier étalé dans le temps (extraction des matériaux, préparation, pose, séchage...)

1 autoconstructeur

Matériaux et outils

Extraction et préparation de la terre : pelle, pioche, seau, brouette...
Divers : savon noir, ciseaux à bois, plane...

Remarque

Pour le travail en amont de suppression des enduits ciment, voir fiche dédiée.

Outils

Mise en œuvre

1. **Enlever tout le ciment des murs.** Garder les parties de torchis qui se décollent.

2. **Nettoyer les colombages** : l'aubier peut s'effriter sur certaines pièces de bois. Vaporiser un mélange d'1L d'eau et 1 cuillère à soupe de savon noir sur le bois et frotter avec une brosse dure. Rincer à l'éponge. Les parties abîmées se "révèlent" : les enlever au ciseau à bois et à la plane.

3. **Humidifier le mur.** Boucher les trous avec du torchis récupéré et réhydraté : rouler une mèche de foin dans le torchis et enfiler le "boudin" entre deux éclisses. Laisser sécher 1 mois.

Une fois le mur restauré, il ne reste plus qu'à l'enduire

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

CRÉATION D'UNE VÉRANDA SOLAIRE AU SUD
CAHUZAC-SUR-ADOUR (32)

Objectif des travaux

Gagner en luminosité et réchauffer les pièces de vie grâce au solaire passif. Bénéficier d'un espace de vie utilisable plus longtemps dans l'année grâce à la transformation d'une terrasse existante en véranda solaire.

2013

5120€

3 jours

1 entreprise de menuiserie
1 maçon

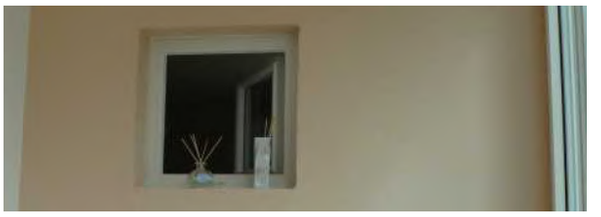
Matériaux et outils

Menuiseries neuves
Perforateur, meuleuse et matériel de maçonnerie

Avant et après installation de la baie vitrée

Mise en œuvre

1. **Créer une ouverture supplémentaire en perçant la façade** qui donne sur le salon (vers l'intérieur donc). Commencer par 4 trous dans les coins (repérage) puis perforation à la disqueuse. **Coffrer** puis refaire l'encadrement et enfin **installer et fixer** la menuiserie.



2. Rainurer le sol afin d'y encastrer le châssis pour la baie vitrée donnant vers l'extérieur (pour éviter l'effet "petite marche" avec risque de trébucher dessus).

3. **Placer le dormant et le fixer**, puis placer la menuiserie.

4. **Boucher les espaces vides** entre le cadre et le bâti.

Astuce

Afin d'assurer une protection contre les surchauffes en été, il est conseillé d'avoir une treille végétale (ombrage) et la possibilité d'ouvrir les vitrages de la véranda (ouvrants contre les murs latéraux).

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

AGRANDISSEMENT DES OUVERTURES EN FACADE SUD
VIC-EN-BIGORRE (65)

Objectif des travaux

Profiter au maximum des apports solaires gratuits qui apportent lumière et chaleur à la maison et réduire ainsi ses consommations (économies d'énergie).

2015

Menuiseries, dépose et pose des fenêtres : 11440€
Perforation, maçonnerie : NR

8 jours

1 menuisier
1 autoconstructeur

Matériaux et outils

Menuiseries bois
Perforateur et bétonnière
Béton blanc (ciment blanc) pour aller avec la pierre
Coffrage en bois fait sur mesure avec du bois de récupération

Façade sud avant et après travaux

Mise en œuvre

1. **Déposer les anciennes menuiseries.**

2. **Étayer** afin de soutenir le mur au niveau des linteaux en pierres et briques.

3. **Percer les ouvertures** voulues au perforateur (ouvertures plus grandes que nécessaires du fait de la pierre).

4. **Poser le coffrage** et bien le vérouiller en bas afin de tenir compte de l'importance du poids du béton qui sera coulé. Couler le béton. Décoffrer après 48 h.

5. **Poser la menuiserie** et faire le joint (ici joint mousse).

Astuce

Ici, les ornements (linteaux) ont été conservés car bien placés dans la maison (hauteur suffisante). Ils ne sont pas centrés car les ouvertures existantes ont été élargies d'un côté uniquement (simplicité, gain de temps).

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

AGRANDISSEMENT DES OUVERTURES EN FACADE SUD
ONARD (40)

Objectif des travaux

Gagner en luminosité et en apports solaires gratuits dans les pièces de vie grâce au solaire passif. La répartition des pièces a également été modifiée pour que la pièce à vivre soit orientée en partie au sud.

2016

10 080 € Pose et fournitures des menusieries (de toute la maison)
7 200 € Création de percements et reprise des autres maçonneries

N.C

1 entreprise de menuiserie
1 maçon

Matériaux et outils

Menuiseries neuves en bois, avec vitrage grand jour
Matériel de maçonnerie

Façade sud avant et après travaux

Mise en œuvre

1. **Déposer les anciennes menuiseries.**

2. **Agrandir deux ouvertures présentes** (en passer une en baie vitrée**), et en créer une supplémentaire en perçant la façade sud**. **Etayer** si besoin la charpente**. Démolir le mur sur toute sa hauteur**.

3. **Coffrer pour réaliser les linteaux et les tableaux.**

4. **Placer les menuiseries**, les rendre étanches à l'air grâce au compribande. Dans ce cas, elles ont été posées en tunnel.

Astuce

Afin de conserver la chaleur produite et sotckée en journée pour les nuits d'hiver, des volets en bois plein ont été posés. Ils peuvent également être isolés en liège.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

CRÉATION D'OUVERTURES EN FACADE SUD
RISCLE (32)

Objectif des travaux

Orienter les chambres de l'étage au sud en créant des ouvertures de ce côté. Agrandir celles du RDC et profiter des apports solaires gratuits qui apportent lumière et chaleur à la maison et réduire ainsi ses consommations (économies d'énergie).

2019

Menuiseries (fournitures et pose) : 5 800 € les 4
Maçonnerie : 5 400 € (toute la façade sud)

7,5 jours dont 1/2 journée pour la pose des menuiseries

1 entreprise de maçonnerie
1 poseur pour les menuiseries

Matériaux et outils

Menuiseries bois
Matériel de maçonnerie

Façade sud avant et pendant travaux

Mise en œuvre

1. **Tracer les nouvelles menuiseries** (au RDC : 2 portes-fenêtres de 2595 mm de haut par 1800 mm / à l'étage : 2 fenêtres de 1750 mm de haut par 1200 mm de large).
2. Échaffauder la façade.
3. **Percer les ouvertures** voulues (dans un mur en parpaing pleins, utiliser la meuleuse puis le marteau piqueur). Déblayer les gravats.
4. Réaliser les linteaux en béton armé. Rebâtir les appuis de fenêtres en blocs.

5. **Poser les menuiseries.**

Perspectives

Ici, les percements ont été prévus plus larges que les menuiseries afin de pouvoir isoler les tableaux en vue d'une isolation thermique par l'extérieur réalisée ultérieurement.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

CRÉATION D'UNE OUVERTURE DANS UN MUR EN PIERRE

ARROSÈS (64)

Objectif des travaux

Ouvrir la façade sud de cette maison de maître traditionnelle (oustal) principalement orientée à l'est. Améliorer le confort thermique grâce aux apports solaires gratuits. Améliorer le confort visuel et l'ouverture sur l'extérieur.

2015

Gros œuvre / main d'œuvre : 3000 €
Menuiseries : 3000 €
Volet : 1000 €

N.C.

1 entreprise de maçonnerie
1 entreprise de menuiserie

Mise en œuvre

Mise en œuvre réalisée par des artisans qualifiés.

1. Percer le mur.
2. Poser le linteau (ici un IPN).
3. Installer le coffrage au niveau des tableaux et couler le béton.
4. Installer la nouvelle menuiserie.

Attention !

Il est important de bien soigner les raccords : une mauvaise étanchéité à l'air nuit aux performances thermiques et phoniques. Par ailleurs, l'installation de volets extérieurs en bois permettra d'éviter les déperditions thermiques nocturnes en hiver.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

AMÉLIORATION THERMIQUE D'UNE PORTE ANCIENNE
VIC-EN-BIGORRE (65)

Objectif des travaux

Conserver la porte d'entrée d'origine, et ses qualités esthétiques, qui est en bon état **tout en améliorant ses performances thermiques.**

2015

environ 100 €/m² pour le double vitrage seul

3 heures de main d'oeuvre à deux personnes

1 auto-constructeur confirmé
1 artisan menuisier

Matériaux et outils

Fraiseuse spéciale pour réaliser la rainure dans l'angle (pour le joint), visseuse
Double vitrage, serrure trois points

Porte d'entrée (façade est)

Mise en œuvre

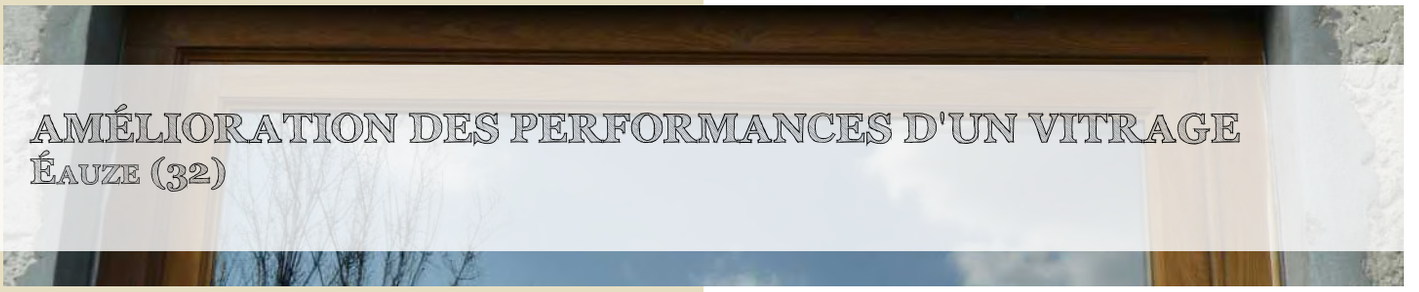
1. **Démonter les parties vitrées de la porte** (imposte et vantaux) et **les remplacer par du double vitrage** pour l'isolation thermique.

2. **Créer une rainure** (à la machine) dans l'angle des dormants **pour y insérer un joint d'étanchéité.**

3. **Poser une serrure trois points** en applique. Elle permettra d'assurer la bonne fermeture de la porte (étanchéité et sécurité).

4. Enfin **une plinthe automatique** est encastrée dans l'épaisseur du bas de la porte pour **empêcher les infiltrations d'air**. Quand la porte se ferme, un poussoir fait descendre la plinthe pour épouser le sol.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org



AMÉLIORATION DES PERFORMANCES D'UN VITRAGE
Éauze (32)

Objectif des travaux

Améliorer les performances thermiques d'un vitrage (simple vitrage, velux ou même double vitrage) à moindre frais, **en réalisant un volet isolant**. Le volet peut être intérieur ou extérieur selon les cas de figure.

2018

Plaques de liège 28 €/m²
Bois et quincaillerie environ 110 €/m²

2 jours (1 jour par velux)

2 autoconstructeurs

Matériaux et outils

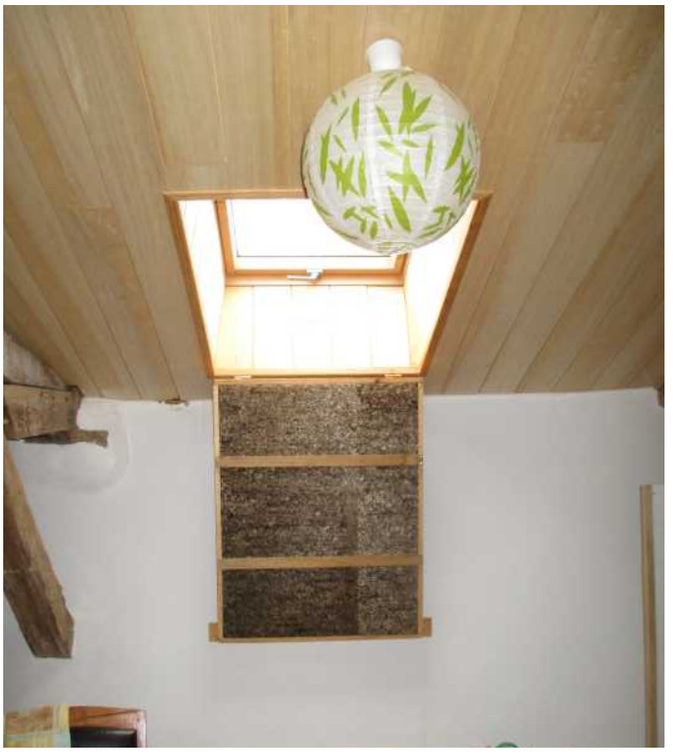
Plaques de liège de 4 cm (posées en double épaisseur)
Planches de bois de 8 cm de large + lattes
2 charnières + 1 taquet en bois par velux
Vis, visseuse...

Mise en œuvre

1. **Prendre les mesures du trou** pour créer le cadre.
2. **Créer le cadre en bois.** Vérifier son ajustement. **Ce volet bouchon** doit rentrer dans l'espace disponible : plus ses mesures sont précises, plus ses performances seront bonnes.
3. **Monter les charnières.**
4. **Insérer les plaques de liège** et les maintenir avec les lattes de bois.
5. **Mettre en place le volet.** Attention, en raison du poids il vaut mieux être à deux.

Astuce

Une fois ouverts, les volets "pendent" le long du mur (position des velux assez bas). Ils seront décrochés au printemps.



Velux volet ouvert

Velux volet fermé

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

ISOLATION DES COMBLES PERDUS EN LAINE DE MOUTON
Saint-Germé (32)

Objectif des travaux

Isoler le grand volume des combles, très coûteux à chauffer. Le propriétaire a choisi de l'exclure de l'enveloppe thermique en isolant "à plat". Cela revient moins cher qu'une isolation sous rampant, et cette technique est plus efficace. La laine des moutons Manech et Bascobéarnais, peu valorisable en filière textile, a coûté 0,15 €/kg chez les bergers alentours.

2009

1,5 €/m² de laine de mouton
+ 2,5 €/m² de pare-vapeur et adhésif

1/2 journée

1 autoconstructeur

Matériaux et outils

Pare-vapeur : géotextile perspirant synthétique. Il existe également des freins-vapeur type papier kraft, plus écologiques.
Bande adhésive de qualité
Laine de mouton brute (non lavée, non cardée, non traitée)

Astuce

La laine de mouton du commerce est lavée, cardée et traitée anti-mites. Des fibres synthétiques y sont souvent ajoutées. On la trouve en vrac ou en rouleaux. Pour une épaisseur de 20 cm d'isolant, les prix varient de 20 à 50 €/m². Il est donc beaucoup plus avantageux de se procurer de la laine chez un berger et ainsi valoriser un sous-produit de son exploitation.

20 cm de laine sont posés en vrac dans les combles

Mouton Manech à tête noire du Pays Basque

Mise en œuvre

1. **Recouvrir le plancher avec le pare-vapeur.** Il servira également de pare-odeur et évitera le passage de poussière. Soigner les raccords avec la bande adhésive pour une bonne étanchéité à l'air.
2. **Étaler la laine** directement sur le pare-vapeur.

Perspectives

Posée à l'air libre (et non pas confinée dans des caissons), la laine de mouton peut plus facilement être contrôlée, notamment vis-à-vis des mites.
La laine brute est encore imprégnée du suin, un répulsif naturel. Mais il finit par disparaître. Il est donc judicieux de compléter son action par un traitement au sel de bore. Une solution de 1 kg pour 10 L d'eau tiède convient pour environ 100 m² de laine. On peut pulvériser le mélange à la fin ou entre deux couches posées. Une alternative consiste à poser la laine de mouton entre deux couches de 5 cm de ouate de cellulose, qui elle est déjà traitée au sel de bore.

En 2009, environ 20 cm de laine ont été posés. Aujourd'hui, il en faudrait 30 à 35 cm pour respecter la règlementation thermique et environnementale (si on prend en compte que la conductivité de la laine de mouton est de 0.04 W/(m.k), alors la résistance thermique passerait de 5 à 8 K.m²/W).

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

ISOLATION DES COMBLES PERDUS EN OUATE DE CELLULOSE
OURSBELILLE (65)

Objectif des travaux

Isoler le grand volume des combles, très coûteux à chauffer. Maîtriser son budget grâce à l'utilisation d'un isolant écologique efficace et peu cher (en comparaison d'autres isolants écologiques) et une mise en œuvre simplifiée (pas obligatoirement besoin d'un professionnel).

2014

20 €/m² pour une épaisseur de 30 cm
Soufflage de la ouate inclu

1/2 journée pour 50 m² environ (dépend de la machine)

1 entreprise spécialisée isolation

Matériaux et outils

Ouate de cellulose

Si vous réalisez le chantier en autonomie (minimum 2 personnes) la machine à souffler est généralement prêtée/louée par le magasin de matériaux.

La ouate de cellulose est issue de papiers recyclés ou de boues papetières

Mise en œuvre

1. **Vider et nettoyer les combles.** Si présence d'ancienne laine de verre, l'enlever. Lorsque vous le faites, veillez à porter des protections (masque, longues manches...).
2. **Vérifier l'installation électrique** et faire les ajustements nécessaires. Si besoin, réalisez les caissons bois (trappe d'accès, fenestrons, conduits de cheminée...). Isoler les conduits de chauffage avec un isolant minéral (billes d'argile, perlite, pouzolanne...).
3. **Souffler la ouate** de cellulose (densité 35 kg/m³).

Perspectives

Si vous souhaitez conserver un espace de stockage ou de circulation dans les combles, réaliser préalablement un plancher (pas d'OSB pour conserver la perméabilité) à 40 cm de hauteur (voir photo ci-contre).

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

ISOLATION MIXTE DE LA TOITURE (LAINE DE BOIS ET OUATE)

LABARTHÈTE (32)

Objectif des travaux

Profiter de la réfection complète de la toiture pour isoler le toit de cette maison afin de valoriser l'espace disponible sous les rampants. Eviter d'avoir une trop grande hauteur sous plafond à l'étage, où toute la chaleur serait stockée inutilement.

2009

Fibre (8 €/m²) et laine (20 €/m²) de bois
Ouate de cellulose (12 €/m²)
Frein vapeur (1 €/m²)
Volige (10 €/m²)

2 semaines (surface de 150 m²)

1 autoconstructeur
1 charpentier

Matériaux et outils

Panneaux rigides de fibre de bois (22 mm) et panneaux souples de laine de bois (2 couches de 10 cm), **sacs** de ouate de cellulose
Machine à souffler, scie égoïne (avec dents usées), perceuse-visseuse
Tasseaux (6 x 4) **et solives** (14 x 4,5) en douglas non traité**, frein-vapeur** type papier Kraft et **volige** de sapin non traité

Astuce

La fibre de bois sert à la fois de pare-pluie et de complément d'isolation. Sa pose continue réduit les ponts thermiques, de même que la pose en deux couches croisées de laine de bois.
Isoler à plat la partie restante du toit. Pour cela, créer un solivage (douglas non traité 8 x 6) et le fixer à la charpente. Intégrer une trappe d'accès avec échelle pliante intégrée. Isoler en vrac avec de la ouate de cellulose.

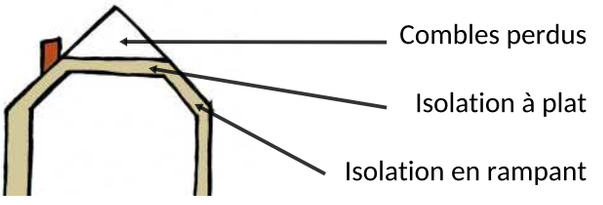


Schéma de la toiture isolée

Couche verticale puis horizontale de laine de bois

Mise en œuvre

1. **Avant les travaux d'isolation sous rampant, déposer la couverture.** Sur le toit, clouer le pare-pluie sur les chevrons, en soignant le raccord des panneaux de fibre de bois. Poser les liteaux et les contre-liteaux qui recevront les tuiles. Poser la couverture en utilisant des crochets pour les tuiles canal.

2. **De la tête des murs jusqu'aux pannes intermédiaires**, la toiture sera isolée en rampants. Pour cela, **créer une ossature bois secondaire en 6 x 4. Entre les pannes, créer un plafond à l'aide des solives** (conserver une hauteur sous plafond comprise entre 2.10 et 2.50 m).

3. **Insérer la couche verticale de panneaux souples de laine de bois entre les chevrons.** Poser la deuxième couche croisée (horizontale) dans l'ossature secondaire.

4. **Poser le frein vapeur** en soignant les raccords (scotch).

5. **Souffler la ouate de cellulose** (densité 35 kg/m³) sur 35 cm environ.

6. Clouer la volige de sapin.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

REDUCTION DE LA DOUBLE HAUTEUR SOUS PLAFOND

Barcelonne du Gers (32)

Objectif des travaux

Eviter une trop grande hauteur sous plafond, où toute la chaleur s'accumule. Pouvoir chauffer plus facilement la pièce à vivre en hiver et conserver la chaleur au RDC.

2017

Plaques de plexiglas + structure bois 200 €

1 journée (environ 7 m²)

1 autoconstructeur

Matériaux et outils

Plaques de plexiglas
Liteau et montants bois
Scie, visseuse et vis

Perspective

L'idéal est de fermer complétement cette double hauteur et de l'isoler thermiquement quand c'est possible. Pour cela, recréer d'abord un plancher bois.
Ici, l'idée était de conserver la lumière de toute la hauteur de la façade sud pour le RDC. Un plancher en verre feuilleté trempé a été envisagé, mais vite abandonné au vu du prix élevé.

Vue intérieure vers la façade sud

Vide sur séjour avant et après installation du plancher amovible

Mise en œuvre

1. **Mesurer l'espace à fermer** et le diviser en rectangles, selon les longueurs disponibles.
2. **Découper** les liteaux bois et les plaques de plexiglas.
3. **Assembler les cadres.**
4. **Les cadres sont montés de façon provisoire pour la saison hivernale.** Ils sont vissés entre eux pour leur fixation. Cette installation permet au couple de gagner 2/3° en hiver. Les travaux ont été couplé avec l'islation de la toiture en laine de bois, métisse et ouate de cellulose selon les endroits.
5. Les cadres sont ensuite démontés et rangés.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

DIMINUTION DU VOLUME À CHAUFFER EN TOITURE
GERDEREST (64)

Objectif des travaux

Diminuer le volume à chauffer dû au vide sur séjour ou salon "cathédrale". En profiter pour créer une isolation en toiture performante (mixte ou à plat selon les cas).

2022

Isolation en combles perdus et en rampant 10 970 € dont pose de deux velux avec volets roulants extérieurs

N.C : surfaces environ 45 m² en rampant et 25 m² en combles perdus

1 charpentier

Matériaux et outils

Plaques de plexiglas
Liteau et montants bois
Scie, visseuse et vis

Perspective

Ici l'étage est aménagé. C'est pourquoi l'isolation mixte de la toiture a été privilégiée. Lorsque aucun espace n'est accessible, la double hauteur et son effet "cathédrale" n'apporte que des inconvénients au niveau thermique. Il est préférable de recréer un plafond pour une isolation à plat (en combles perdus).

Schéma de la température dans une maison avec double hauteur

Vide sur séjour avant et après installation du plancher amovible

Mise en œuvre

1. **Pour la partie à créer en combles perdus : pose de la structure du plafond** en 100*60 mm en douglas non traité.
2. **Pose du frein-vapeur** et du contre lattage cloué.

3. **Soufflage de la ouate de cellulose** (34 cm d'épaisseur).
4. **Pose de la volige en sous-face** intérieure et création de deux trappes isoéles en laine de bois.
5. **Pour les rampants : dépose de l'ancienne isolation** (laine de verre) et évacuation en centre de tri.
6. **Pose de deux couches croisées de laine de bois entre chevrons** (épaisseur totale 20 cm).
7. **Pose du frein-vapeur** et du contre lattage sur chevrons existants.
8. **Pose de la volige** pour la sous-face intérieure.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

ISOLATION EXTÉRIEURE EN LAINE DE BOIS SOUS BARDAGE
VIC-EN-BIGORRE (65)

Objectif des travaux

Avoir une maison la plus performante possible et **réduire les ponts thermiques** grâce à une isolation continue efficace, notamment au niveau des façades nord (froid) et ouest (intempéries), **tout en conservant l'inertie** propre à la pierre (matériau qui a la capacité de stocker et redistribuer chaleur et/ou fraîcheur).

2015 - 2016

Panneaux laine bois 140 mm : env. 15 €/m²
Bardage en douglas : 20 €/m²

1 semaine par façade

2 autoconstructeurs confirmés

Matériaux et outils

Lambourdes 14 x 4,5 cm
Panneaux laine de bois 14 cm
Pare-pluie en fibre de bois
Bardage en douglas non traité
Vis inox, équerres, briques pour le soubassement, bois pour le contre-lattage...

Façade ouest pendant et après travaux

Mise en œuvre

1. **Préparer la surface** (faire tomber le vieil enduit si besoin).

2. **Poser et maçonner à la chaux une rangée de briques** au sol (ici briques en saillie car bas de façade surélevée). **Fixer l'ossature** bois au mur avec des équerres métalliques en acier.

3. **Remplir avec les panneaux de laine de bois**. Bien repérer l'ossature avant de poser le pare-pluie et réaliser le contre-lattage.

4. **Réaliser le bardage** horizontal en partant du bas.

Perspectives

Le bois du bardage ne nécessite aucun entretien. Le fait qu'il grise dans le temps est un aspect purement esthétique.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

ISOLATION EXTÉRIEURE EN OUATE DE CELLULOSE SOUS BARDAGE

AURENSAN (32)

Objectif des travaux

Avoir une maison la plus performante possible et **réduire les ponts thermiques** de cette façade à colombages grâce à une isolation continue efficace, **tout en conservant l'inertie** de la terre à l'intérieur qui sera renforcée par la réalisation d'un enduit terre.

2019

Soubassement, quincaillerie : environ 15 €/m²
Ossature bois : environ 36 €/m²
Ouate de cellulose et pare-pluie : 29,5 €/m²
Bardage : 14 €/m²

3 jours pour l'ossature
1/2 journée pour la ouate
2 jours pour le bardage

2 autoconstructeurs

Matériaux et outils

Montants douglas 10 x 4,5 cm, perceuse visseuse
Sacs de ouate de cellulose de 12,5 kg + location de la machine
Pare-pluie tissé et tramé (pour la résistance à l'insufflation)
Bardage vertical à couvre joints en douglas non traité, cloueur pneumatique
Vis inox, équerres, béton cellulaire de 10 cm d'épaisseur pour le soubassement, rupture de capillarité, laine de bois, bois pour le contre-lattage...

Façade après travaux

Mise en œuvre

1. **Casser l'enduit ciment.** Sur le mur en torchis, cet enduit étanche ne laisse pas respirer le mur.

2. **Consolider les montants bois** si nécessaire **et reboucher les trous** présents dans le torchis.

3. **Réaliser une arase à la chaux puis poser le soubassement** (béton celullaire). Boucher les trous entre la lisse basse et le mur en bourrant avec de la laine de bois.

4. **Fixer l'ossature** bois (lisse basse sur rupture de capilarité) à la structure existante. Se raccrocher aux chevrons en toiture.

5. **Poser le pare-pluie** et le maintenir grâce aux liteaux verticaux. **Insuffler la ouate de celullose dans chaque caisson.**

6. Réaliser le contre-lattage (6/4 cm en douglas) et **clouer le bardage**.

Façade prête pour reçevoir le bardage

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

ISOLATION EXTÉRIEURE EN FIBRE DE BOIS SOUS ENDUIT
Riscle (32)

Objectif des travaux

Réduire les ponts thermiques et augmenter les performances du bâtiment (économies d'énergie) grâce à une isolation continue efficace.

2012

Fibre de bois 14,5 €/m² + chevilles 7 €/m²
Enduits et trame fibrée 11,5 €/m²
Total matériaux 33 €/m²

3 jours (40 m²)

1 charpentier

Matériaux et outils

Panneaux de fibre de bois haute densité de 12 cm d'épaisseur
Chevilles de fixation en plastique (10 par m²)
Scie ou couteau spécial pour isolant
Enduit prêt à l'emploi à base de chaux
Matériel pour enduire : taloche, truelle...

Fixation des panneaux de fibre de bois

Application de l'enduit de finition coloré

Mise en œuvre

1. **Découper les panneaux** rigides de fibre de bois en fonction des dimensions de la façade. La pose se fera en quinconce.

2. **Fixer les panneaux** grâce aux chevilles spéciales, qui se vissent dans le mur en briques.

3. **Passer une sous-couche d'enduit** afin de recouvrir les joints entre les panneaux ainsi que les fixations afin de créer une surface plane.

4. **Maroufler la trame dans l'enduit et laisser sécher 1 journée** avant d'appliquer l'enduit de finition coloré.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

ISOLATION EXTÉRIEURE EN PAILLE SOUS BARDAGE
Riscle (32)

Objectif des travaux

Réduire les ponts thermiques et augmenter les performances du bâtiment (économies d'énergie) grâce à une isolation continue efficace.

2012

Paille 5 à 7 €/m² + montants bois 3,5 €/m²
Bardage mélèze : 22,5 €/m²
Pare-pluie : env. 1.5 €/m²
Brique béton cellulaire : env. 10 €/pièce

2,5 jours

1 charpentier

Matériaux et outils

Petites bottes de paille 35 x 45 x 100
Ossature en douglas non traité, bois naturellement imputrescible
Bardage mélèze (origine France) non traité, bois naturellement imputrescible
Tasseaux non traités
Pare-pluie respirant
Briques de béton cellulaire
Film anti-capillarité à base de goudron

Aspect final de la façade : bardage bois horizontal

Mise en place des bottes de paille entre le mur et l'ossature

Mise en œuvre

1. **S'assurer que le débord de toit soit suffisant.** Dans cet exemple, il a été préalablement étendu de manière à bien couvrir l'isolation.

2. **Poser au sol, le long de la façade, une rangée de briques en béton cellulaire** recouverte d'un film anti-capillarité afin de créer un soubassement qui protégera la paille des remontées capillaires d'humidité.

3. **Monter l'ossature** à 35cm de la façade afin de pouvoir caler les bottes entre le mur et l'ossature.

4. **Remplir avec les bottes de paille** du sol au faitage. Ajuster les dernières bottes au faitage à l'aide d'une tronçonneuse.

5. **Agrafer le pare-pluie** contre l'ossature de manière à protéger le mur sous le bardage. Le fixer avec des tasseaux horizontaux.

6. **Clouer le bardage** sur les tasseaux.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

MURS EN TERRE-PAILLE ALLÉGÉ
Labarthète (32)

Objectif des travaux

Améliorer l'isolation de la maison en augmentant l'épaisseur du mur de 8 à 30 cm et en remplaçant l'ancien remplissage en torchis par du terre-paille allégé, composé à 80 % de paille et 20 % de terre (proportions inverses du torchis).

2008

15 € pour une balle de paille
Terre gratuite (recyclage du torchis existant)

Env. 8 à 10 jours

2 autoconstructeurs

Matériaux et outils requis

Pour env. 20 m² de murs de 30 cm d'épaisseur :
Paille : 1 balle (Ø 120 cm , env. 200 kg)
Terre : recyclage du torchis existant
Fourche, seaux, poubelle de 80 L, malaxeur sur perceuse, grande bâche, planches, visseuse et vis pour le coffrage
Masse volumique : de 300 à 400 kg/m³
Conductivité thermique : 0,10 à 0,15 W/(m.°C)

Cette technique est simple, économique et permet l'utilisation de produits locaux non transformés. Elle requiert cependant beaucoup de temps. Il est possible de mélanger le terre-paille mécaniquement, mais il est difficile d'automatiser la pose dans les coffrages.

Colombage restauré en terre-paille allégé banché, prêt à recevoir l'enduit à la chaux aérienne

Le mélange est tassé avant la rehausse du coffrage.

Mise en œuvre

Avant les travaux : ôter le torchis et le récupérer. Remettre les éclisses ou clouer des tasseaux horizontaux sur l'ossature, côté intérieur, afin de maintenir le remplissage. Prévoir le chantier d'avril à août au plus tard, pour pouvoir enduire en automne.

1. **Mélanger la terre et l'eau au malaxeur** : cette barbotine doit être liquide. L'argile sert de liant et agglomère les brins de paille.

2. **Étaler la paille sur une bâche et arroser avec un peu de barbotine**, mélanger à la fourche. Le dosage est de 25 L (2,5 seaux) de barbotine pour une petite botte (15 kg) de paille.

3. **Fixer le coffrage** : il peut mesurer 60 cm de haut par 150 cm de large. Visser d'abord les planches extérieures sur le colombage, puis fixer les planches intérieures avec de longues vis, de manière à avoir une profondeur de 30cm pour le remplissage.

4. **Remplir à la main** par couche de 20 cm, bien tasser, surtout sur les bords pour mieux enduire ensuite. Remonter le coffrage au fur et à mesure (sans temps de séchage).

Perspectives

En fonction de la saison et de l'orientation, laisser sécher 2 à 4 mois avant d'enduire avec des matériaux respirants. Le terre-paille allégé a aussi une très bonne performance acoustique permettant de réaliser des cloisons phoniques.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

CORRECTION THERMIQUE EN CHAUX-CHANVRE
SAINT-GERMÉ (32)

Objectif des travaux

Apporter une correction thermique aux murs existants non isolés, soit 25 m² à enduire à l'intérieur et 25 m² à l'extérieur. Cela permet d'atténuer la sensation de froid qui émane des murs épais en galets, mais ce n'est en aucun cas comparable à une isolation. Cet enduit est perméable à la vapeur d'eau, il permet donc l'évacuation de l'humidité et la régulation hygrométrique.

2009

20 €/m² de matériaux seuls pour l'intérieur
46 €/m² de matériaux et main d'œuvre pour l'extérieur

Intérieur : 2 X 1/2 journée
Extérieur : 2 X 1/2 journée

Intérieur : 1 autoconstructeur
Extérieur : 1 artisan maçon

Matériaux et outils

Chaux aérienne : c'est le liant. On peut aussi utiliser un mélange avec 15 à 30 % de chaux hydraulique naturelle, qui renforce l'enduit mais le rend moins perméable à la vapeur d'eau.
Chènevotte : il s'agit de l'intérieur des tiges de chanvre, broyé. C'est ce matériau qui apporte la correction isolante.
Sablon : c'est un projeteur pneumatique d'enduit, aussi appelé casserole ou gamelle.
Bétonnière, seau, vaporisateur.

Enduit extérieur, finition enduit chaux aérienne-sable

Mise en œuvre

1. **Préparer le support** la veille : nettoyer le mur (poussière) et bien l'humidifier.
2. **En cas d'humidité, mettre en place une rupture de capillarité (EPDM)** ou remplacer le chanvre par un minéral léger (pouzzolane) sur 40 cm en pied de mur.
3. **Projeter le gobetis** : mélange de chaux (≈ 7 L), de sable (≈ 10 L) et d'eau. Épaisseur : de 5 à 7 mm. La surface doit rester rugueuse, elle sert d'accroche à l'enduit. Séchage : ≈ 48 h.
4. **Mélanger l'enduit à la bétonnière** : d'abord l'eau (≈ 50 L), la chaux (≈ 50 kg), puis ajouter progressivement la chènevotte (≈ 100 L).
5. **Projeter au sablon la couche de corps** de 5 cm d'épaisseur, sur le gobetis humidifié.
6. Compter au moins 4 semaines de séchage en été pour une façade exposée est ou ouest.

La chaux est alcaline et peut irriter la peau : porter des vêtements longs, des gants, un masque et des lunettes afin de se protéger durant les travaux.

Perspectives

La couche de finition doit être elle aussi respirante. Elle peut être appliquée après séchage de la couche de corps.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

CORRECTION THERMIQUE EN CHAUX-CHANVRE
AIRE-SUR-L'ADOUR (40)

Objectif des travaux

Appliquer une correction thermique en intérieur afin d'atténuer la sensation de paroi froide du mur en galets. Couvrir les 110 m² de murs assez rapidement en autoconstruction accompagnée.

2015

10 à 15 €/m² chaux et chènevotte (sur 8 cm)
900 € location & livraison du combiné de maçon + accompagnement du technicien

1 journée de projection (110 m²)

3 autoconstructeurs
1 technicien accompagnateur (loueur)

Matériaux et outils

Chaux aérienne naturelle spécialement formulée pour le béton de chanvre projeté.
Chènevotte
Combiné de maçon (CDM) spécial chanvre : cette machine mélange le lait de chaux et la chènevotte directement au moment de la projection. Les deux phases arrivent séparément dans la lance, ce qui évite le colmatage et permet d'utiliser moins de liant. Le CDM requiert 3 personnes : une à la projection, une à l'alimentation en chanvre et une au mélange eau et chaux dans la bétonnière.
Bâche et autres protections, tasseaux de 8 cm de large, règle de maçon, niveaux...

Astuce

On peut aussi utiliser de la chaux aérienne CL90 ou de la terre pour un meilleur bilan carbone !

Combiné de maçon

Une finition d'angle de mur en arrondi

Mise en œuvre

1. **Préparer le support** : il doit être propre, les trous rebouchés... L'humidifier si possible.

2. **Préparer le chantier** : protéger les plafonds, sols, cloisons, menuiseries à proximité des murs à enduire avec des bâches plastiques. Prendre en compte l'épaisseur de l'enduit, pour ne pas coincer la bâche dans l'enduit qui aura séché. Caler les prises et interrupteurs au futur niveau du mur. Prendre des photos pour pouvoir les retrouver sous l'enduit (l'idéal étant de les dégager juste après la projection). **Visser des tasseaux tous les 2 m sur toute la hauteur des murs.**

3. **Projeter sur 8 cm d'épaisseur.** La chènevotte doit être bien sèche. Les murs en moëllons de pierre n'ont pas besoin de couche d'accroche (gobetis) avec cette machine. Rectifier au fur et à mesure le niveau à la règle sur les tasseaux. Enlever les tasseaux dès le lendemain.

Le mélange sec tombé au sol est conservé dans les sacs de chaux vides. Il sera réhumidifié et utilisé dans les 20 jours, banché ou taloché, pour les finitions (zones inaccessibles, rainures laissées par les tasseaux). Sec, il peut servir d'isolant en vrac.

Perspectives

Réaliser l'enduit de finition avec les mêmes matériaux : mélanger entre 3-4 kg de chènevotte pour 25 kg de chaux et 35 L d'eau. Appliquer à la taloche. Ces finitions ont pris 4 jours pour 3 autoconstructeurs.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

DALLE EN CHAUX-POUZZOLANE
Diusse (64)

Objectif des travaux

Éviter les remontées capillaires et isoler le sol sur un hérisson de 25 cm de graviers roulés lavés. Laisser s'évacuer l'humidité provenant du sol grâce à des matériaux perspirants et imputrescibles.

2011

25 à 35 €/m² pour 12 à 15 cm d'épaisseur

1 jour (55 m²)

8 autoconstructeurs

Matériaux et outils

Chaux hydraulique naturelle NHL5
Pouzzolane 7-14 mm
4 bétonnières, brouette, pelle, rateau, règle, niveau laser, pisoir...

La pouzzolane est une roche volcanique qu'on trouve en Auvergne. Sa structure alvéolaire en fait un isolant minéral naturel. Son énergie grise est faible : c'est un matériau sans cuisson.

L'air emprisonné dans la roche crée l'isolation

Mise en œuvre

1. **Mélanger dans la bétonnière** 15 L d'eau avec 1 sac de chaux. Ajoutez 70 à 100 L de pouzzolane et laisser tourner la bétonnière. Ajouter un peu d'eau si besoin pour obtenir la bonne consistance.

2. **Verser le mortier sur le hérisson**. Répartir avec un râteau puis tasser et faire le niveau au pisoir et au laser. Placer le niveau laser de manière à voir toute la pièce. Marquer le niveau voulu sur le manche du pisoir. Tasser jusqu'à ce que la marque sur le pisoir arrive au niveau du laser.

3. L'aspect est granuleux. On peut marcher sur la dalle au bout de quelques jours et reprendre les travaux.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

ISOLATION DU PLANCHER AVEC DE LA PAILLE EN VRAC
Luppé-Violles (32)

Objectif des travaux

Isoler le plancher du rez-de-chausée, au dessus d'un vide sanitaire ventilé. La paille a l'avantage d'être peu chère et sa mise en œuvre est très simple.

2008

OSB 5 €/m² + liège 9 €/m²
Plancher pin des Landes 8 €/m² en scierie
Paille 3 €/m² pour 20 cm d'epaisseur

1 mois (recherches en amont, vide sanitaire compris...) pour 85 m²

2 autoconstructeurs

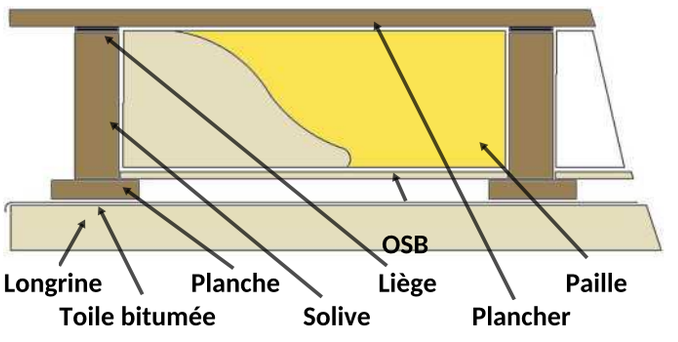
Matériaux et outils

Paille : en petites bottes, venant du champ voisin
Solives en douglas 20 x 6 cm, planches de 25 x 120 mm, OSB 10 mm, languettes de liège 5 x 60 mm
Plancher en pin des Landes 23 x 140 mm
Scie radiale et scie sauteuse, visseuse, mètre, niveau...

Astuce

Pour le vide sanitaire ventilé naturellement : décaisser le sol de 35 cm. Faire passer les canalisations et l'électricité. Maçonner des longrines en béton de chaux de 8 cm de large et 10 à 15 cm de haut tous les 1,50 m. Les recouvrir d'une barrière capillaire en toile bitumée ou EPDM. Percer tous les 4 m des bouches d'aération sur les façades nord et sud : ici la ventilation se fera naturellement.

Schéma en coupe du plancher isolé en paille



Solives sur les longrines & paille entre solives

Mise en œuvre

1. **Visser les planches** sous la face inférieure des solives, puis les poser sur les longrines tous les 50 cm. Vue la portée entre les longrines, des solives de faible section suffisent ici.

2. Sur le rebord de la planche, visser les plaques d'OSB coupées aux bonnes dimensions.

3. **Fixer les premières lames de plancher**, en intercalant les bandes de liège entre les solives et le pin. Clouer dans le rebord pour une fixation invisible.

4. Des caissons sont formés par l'OSB dessous, le plancher dessus et les solives sur les côtés. **Tasser la paille au maximum**, en poussant avec le pied sous le plancher.

5. **Fixer des planches verticales** (étrésillons) entre les solives tous les 80 cm afin de fermer l'avant des caissons. Ici, ils évitent la déformation des solives de faible section et facilitent le tassement de la paille.

L'ordre des étapes ci-dessus permet de tasser la paille, afin d'obtenir de meilleures performances thermiques qu'avec de la paille simplement déposée en vrac.

Astuce

Cette technique est aussi adaptée à un plancher intermédiaire, par exemple au dessus d'un local non chauffé.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

PEINTURE À LA CASÉINE
LABARTHÈTE (32)

Objectif des travaux

Décorer avec une peinture saine et protéger le mur respirant. La peinture à la caséine est perméable à la vapeur d'eau : elle laisse le mur réguler l'hygrométrie. Cette peinture non corrosive est facile à préparer et peut s'appliquer sur tous types de support sauf le PVC.

2007

De 1 à 2 €/m²

1 jour/pièce

1 autoconstructeur

Matériaux et outils

Peinture à la caséine en poudre prête à l'emploi (poudres de marbre, craie, caséine, talc, acide silicique, soude, méthylcellulose)
Pigments, maximum 10 % du poids sec de peinture
Seau, malaxeur sur perceuse, brosses ou rouleaux

Toute peinture est composée de 3 éléments :
- la charge donne la couleur, l'opacité et la texture de la peinture (poudres minérales, végétaux, pigments) ;
- le liant permet de fixer les charges entre elles ainsi qu'au support (chaux aérienne, caséine, farine, huile de lin) ;
- le diluant liquéfie pour une application facilitée sur le support (eau, essence d'écorces d'agrumes).

Peintures à la caséine avec frise murale décorative

Mise en œuvre

1. **Préparer le support** : gratter et reboucher les éventuelles fissures et les trous.
2. **Poncer et dépoussiérer le support.** Enlever les caches des prises et interrupteurs.
3. Passer 1 à 2 sous-couches sans pigment pour uniformiser le support.
4. Ajouter le pigment et doser en fonction de la teinte souhaitée. Faire des essais car cette peinture est presque transparente à l'état liquide et s'opacifie au séchage. Si les pigments sont des oxydes minéraux : les piler et les diluer dans un peu d'eau en une crème lisse, avant de les incorporer à la peinture, afin d'éviter les grumeaux colorés.
5. **Compter 150 g à 200 g de peinture en poudre pour 1 m² de mur.** Ajouter de l'eau jusqu'à la consistance d'une "pâte à crêpe". Ajouter les pigments. Bien malaxer. Laisser reposer 1/2 h, malaxer, et appliquer dans les 24 h.
6. **Appliquer à la brosse ou au rouleau**, en 1 ou 2 couches. Compter 8 h de séchage entre 2 couches. Laver le matériel à l'eau et au savon.

La peinture sèche en 24 h. Les restes de peinture liquide se compostent.

Entretien

Cette peinture ne se lave pas : passer une nouvelle couche si besoin.

Astuce

Recette pour 1 L de peinture faite maison (env. 10 m²) : verser 75 g de caséine acide de qualité alimentaire dans 30 cL d'eau, fouetter. Ajouter 50 cL d'eau et laisser reposer 1h. Délayer 9cl de chaux aérienne en pâte dans 150 cl d'eau. Incorporer la caséine à la chaux en fouettant. Ajouter 10 à 50 cl de charge : de la craie mélangée à plus ou moins de pigments colorés. Bien mélanger. La peinture se conserve 1 semaine. Prix : 0,5 à 1€/m².

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

ENDUIT INTÉRIEUR À LA TERRE
PERCHÈDE (32)

Objectif des travaux

L'enduit à la terre permet de laisser respirer le mur sur lequel il est appliqué, ici un ancien mur en torchis restauré. Par ailleurs, **le matériau terre, en plus d'être peu cher ou gratuit, constitue le meilleur des matériaux en termes d'empreinte écologique, de perméabilité à la vapeur d'eau, de respect de la qualité de l'air intérieur...**

2015 - 2016

Sable, terre et fibres trouvés localement : 0 €

Chantier étalé dans le temps (extraction des matériaux, préparation, pose, séchage...)

1 autoconstructeur

Matériaux et outils

Extraction et préparation de la terre : pelle, pioche, seau, brouette, tamis, bocal en verre.
Application de l'enduit : truelle, taloche...

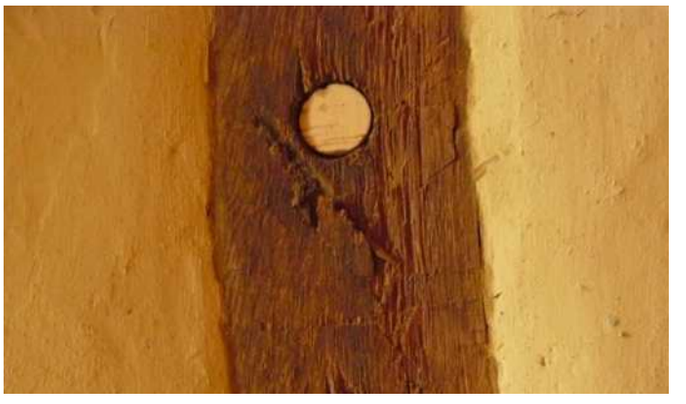
Astuce

Afin de trouver la recette idéale pour votre enduit, réaliser des tests sur de petites surfaces (40 x 40 cm) avec différents mélanges : terre seule, 1 dose terre et 1 dose sable, 1 dose terre et 2 doses sable et enfin 1 dose terre et 3 doses sable. Laisser sécher et comparer les différents tests.

Extraction de la terre

Mise en œuvre

1. **Préparer le support.** Celui-ci doit être propre (éviter d'avoir de vieux restes d'enduits anciens et/ou dégradés) et relativement plane (boucher les trous éventuels).
2. **Humidifier le mur avant application de l'enduit.**
3. Appliquer une à trois couches composées de terre et de sable (de 1 à 5 cm d'épaisseur).
4. La dernière de ces couches, aussi appelée "enduit de finition", peut être colorée avec du sable de couleur et/ou des pigments naturels.



Perspectives

Pour renforcer l'enduit ou pour des raisons esthétiques, une fibre type paille broyée peut être ajoutée à la préparation.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

ENDUIT EXTÉRIEUR À LA CHAUX
DIUSSE (64)

Objectif des travaux

Protéger les murs en pisé (terre crue) avec un enduit sain et légèrement perspirant. La chaux s'applique sur les supports granuleux (pierre, terre). Elle convient pour les surfaces courbes. Son temps de séchage donne beaucoup de liberté quant au rendu final. Très souple, elle suit parfaitement les jeux (dilatation, rétractation) des murs anciens.

2015

2 €/m²

4 jours (5 0m²)

3 autoconstructeurs

Matériaux et outils

Chaux aérienne CL90 (très alcaline : protéger la peau)
Sable brun 0-5 mm et 0-2 mm
Bétonnière, malaxeur, poubelle 80 L, taloche-éponge, plattoir, règle, vaporisateur, etc.

Astuce

Mettre 1 volume de sable sec dans une bassine, puis mesurer quel volume d'eau est nécessaire pour mouiller le sable jusqu'au refus. On obtient ainsi le volume de chaux correspondant à ce volume de sable (c'est en fait celui du vide à combler entre les grains). Essayer le mélange sur le mur. Si après 24 h, l'enduit s'effrite, il n'y a pas assez de chaux. S'il fissure ou faïence, il y en a trop. **Si on prépare l'enduit la veille, on peut mettre plus d'eau que nécessaire** : malaxer est alors plus facile. Le lendemain, ôter avec un gobelet l'excès d'eau au dessus : l'enduit aura la consistance parfaite. **On peut teinter la finition par le choix du sable** comme ici, ou en ajoutant une terre colorante (pigment) jusqu'à 10% du volume de chaux. La teinte est toujours plus claire au séchage. Pour une couleur plus foncée, diluer la terre colorante (pigment) dans un peu d'eau et appliquer au pinceau ou à l'éponge sur la couche de finition encore fraiche. Serrer pour faire pénétrer la couleur.

L'enduit chaux-sable laisse respirer le mur de pisé

Mise en œuvre

1. **Le mur doit être sain**, les trous et les fissures rebouchés avec un mélange de terre-sable fibré. Si besoin, projeter un gobetis de chaux en guise de couche d'accroche. La veille de la pose de l'enduit de finition, humidifier le support à saturation. Ne pas enduire en hiver afin d'éviter le gel.

2. **Mélanger 1 vol. de chaux avec 1 vol. de sable fin et 2 vol. de gros sable à sec dans la bétonnière.** Ajouter l'eau jusqu'à la consistance d'un mortier gras. Appliquer grossièrement au plattoir et lisser à la taloche éponge. Cet enduit fait 2 à 5mm, pas plus, pour permettre la carbonatation de la chaux aérienne.

3. Le lendemain, humidifier le mur au vaporisateur pour un séchage plus lent et plus uniforme. Compter 2 à 3 mois de séchage en fonction de la saison et de l'exposition.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

CLOISON INTERIEURE AVEC ISOLATION PHONIQUE
SAINT-GERMÉ (32)

Objectif des travaux

Créer une cloison pour séparer deux chambres d'enfant. Une bonne isolation acoustique (aux bruits aériens et solidiens) est souhaitée.

2008

5,5 €/m² d'ossature bois
13 €/m² de plaques, bandes et enduits
5 €/m² laine de bois

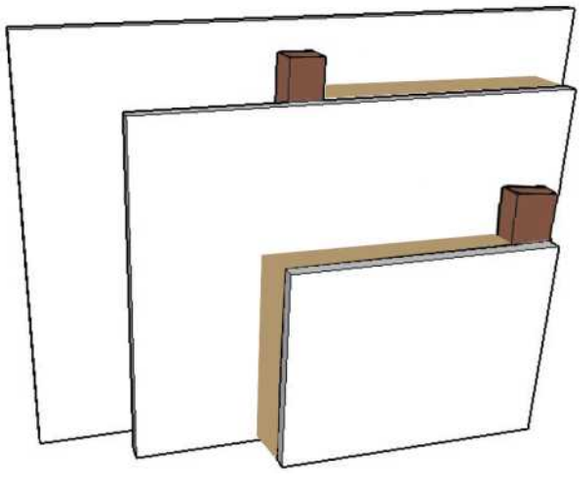
1/2 journée

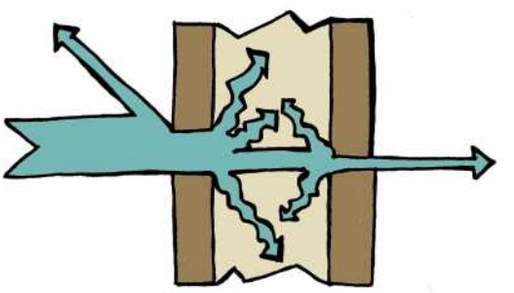
1 autoconstructeur

Matériaux et outils

Ossature bois en douglas, section 40 x 60 mm
Plaques de fibres-gypse type Fermacell à 2 bords amincis (12,5 x 2600 x 1200 mm). Ce matériau est plus onéreux que le placo-plâtre. Tous deux résistent aux chocs et au feu et sont perméables à la vapeur d'eau mais le Fermacell resiste beaucoup mieux à l'humidité. Il est également plus dense et offre une meilleure isolation phonique. Enfin, sa composition exempte de colle, est 100 % naturelle.
Bandes à joints papiers et enduit pour joints
Panneaux de laine de bois de 4 cm d'épaisseur
Bandes résilientes en liège ou en laine de bois
Visseuse, scie circulaire à lame dure, spatule

Pour améliorer l'isolation phonique de la cloison, il est également possible de la réaliser avec trois plaques au lieu de deux





Le système masse-ressort-masse est efficace contre les bruits aériens : les parois rigides (Fermacell) réfléchissent le bruit et le matériau souple (laine de bois) l'absorbe

Mise œuvre

1. **Poser des bandes résilientes à l'emplacement de l'ossature bois sur le sol**, les murs et le plafond. En isolant ainsi la future cloison du reste de la maison, on lutte contre les bruits solidiens (chocs).
2. **Monter l'ossature** en bois avec une lisse basse et haute. Les montants ont un entraxe de 600 mm.
3. **Poser les panneaux de laine de bois** entre les montants de l'ossature. Prévoir d'inclure les boitiers électriques.
4. **Visser les plaques de Fermacell** sur les montants.
5. **Jointer les plaques** à l'aide de bandes de papier renforcé et d'enduit. Poncer.

Perspectives

Pour plus d'efficacité phonique, il est recommandé d'augmenter la masse plutôt que le ressort : on pose une double couche de plaques Fermacell de chaque côté de l'ossature. Finition : ici, une peinture à la caséine a été appliquée directement sur le Fermacell.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

SOL EN CARREAUX DE TERRE CUITE NEUFS
Diusse (64)

Objectif des travaux

Recouvrir la dalle chaux-pouzzolane du rez-de-chaussée avec un revêtement non salissant, lavable, résistant, naturel et écologique. Les tomettes en terre cuite sont imperméables après traitement, mais elles laissent respirer le sol : l'humidité n'est pas bloquée. Elles contribuent également à apporter de l'inertie à l'habitation.

2013

Tomettes déclassées 18 €/m²
Mortier de chaux 5 €/m²
Barbotine 2 €/m²

4 jours (80 m²)

3 autoconstructeurs
1 maçon terre crue

Matériaux et outils

Tomettes de terre cuite déclassées 33 x 33 x 2cm (55 m²) + tomettes récupérées 20 x 20 x 3 cm (25 m²)
Mortier de chaux pour 1 m² et 5 cm d'épaisseur :
12,5 L de chaux hydrolique NHL3,5 + 50 L de sable fin. 0/4 mm + ≈ 9 L d'eau. La chaux est très alcaline : protéger sa peau avec des gants et des lunettes
Barbotine de chaux pour jointer 5 à 10 m² : 5L de chaux NHL3,5 + 5 L de sable fin blanc + ≈ 10 L d'eau
Traitement : 1/4 Térébenthine + 3/4 Huile de lin
Entretien : vinaigre blanc et savon noir
Bétonnière, scie à carrelage, règle, niveau laser, taloche éponge...

Les carreaux déclassés sont fabriqués et cuits près de Toulouse

Petite marche en bois et tomettes en très bon état récupérées de l'ancienne cuisine

Mise en œuvre

1. **Nettoyer les anciennes tomettes** récupérées. Cette opération est gourmande en temps.

2. **Avant la pose, faire tremper les carreaux dans l'eau pendant quelques heures**. La découpe sera plus facile et sans poussière.

3. **Préparer la chape de chaux maigre** avec très peu d'eau de gâchage. Le mélange doit avoir la consistance de la semoule. Tirer la chape d'une épaisseur de 5 cm. Saupoudrer de chaux et poser les tomettes à l'avancée. Avec une taloche-éponge, nettoyer les traces blanches laissées par la chaux (laitance) au vinaigre blanc ou à l'eau, au fur et à mesure.

4. Après quelques jours de séchage, **jointer avec la barbotine**, qui doit avoir la consistance liquide mais épaisse d'une pâte à crêpes.

5. **Laisser sécher un mois**, puis traiter les carreaux bien secs avec le mélange de térébenthine et d'huile de lin. Appliquer en couche fine, laisser sécher et recommencer selon la porosité des carreaux (ici, 2 passages). Finir par 2 couches d'huile de lin pure, jusqu'au refus. Cela permet de protéger et d'imperméabiliser les carreaux.

Entretien

Nettoyer avec les produits écologiques habituels. Passer une couche d'huile de lin si nécessaire.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

SOL EN CARREAUX DE TERRE CUITE ANCIENS RÉCUPÉRÉS
AIRE-SUR-L'ADOUR (40)

Objectif des travaux

Recouvrir la dalle en chaux-billes d'argile du rez-de-chaussée avec un revêtement à forte inertie, permettant de capter la chaleur du soleil par les fenêtres en façade sud. Les tomettes ont été choisies pour leur esthétique et surtout pour leur perméabilité : il faut laisser le sol respirer.

2016

Tomettes d'occasion 20 €/m²
Mortier de chaux 5 €/m²
Barbotine 2 €/m²

Chantier étalé dans le temps, 100 m²

2 autoconstructeurs

Matériaux et outils

Tomettes de terre cuite d'occasion : grandes 28 x 28 x 3 cm (50 m²) + petites 15 x 15 x 3 (10 m²) + foraines 28 x 38 x 3 (10 m²) + tomettes récupérées dans la maison 23 x 23 x 3 cm (30 m²).
Voir page précédente pour : mortier, barbotine de chaux, traitement et entretien, matériel requis.

Il est déconseillé de poser un parquet en bois sur le sol du rez-de-chaussée d'une maison ancienne. Même ici, où un drain et un hérisson ventilé évacuent l'humidité, et même sur une dalle isolante à la chaux, il est indispensable de poser un revêtement perméable et résistant sinon le bois risquerait de jouer et de gondoler.

Pose des tomettes sur le mortier de chaux maigre. Grâce à l'huile de lin, elles seront faciles à nettoyer

Les tomettes d'occasion (grandes et foraines) et les tomettes récupérées se marient bien

Mise en œuvre

1. **Nettoyer les anciennes tomettes récupérées à l'eau et au vinaigre blanc**, les poncer si nécessaire. Enduire la face du dessus des carreaux propres avec le mélange d'huile de lin et de térébenthine, passer 2 couches. Ainsi, ils seront déjà protégés et plus faciles à nettoyer après le chantier (laitance). Ces opérations sont très chronophages.

2. **Avant la pose, faire tremper les carreaux dans l'eau quelques heures.** La découpe sera plus facile et sans poussière.

3. Mêmes étapes 3, 4 et 5 que dans la fiche précédente.

Astuce

Les grandes tomettes étaient à l'origine au plafond d'un château : elles sont donc un peu incurvées. Il faut poncer légèrement les angles saillants maintenant qu'elles sont posées à plat, avant de les traiter à l'huile de lin et térébenthine. Les anciennes tomettes de la maison, déchaussées puis nettoyées et poncées, délimitent désormais l'espace de la cuisine (30 m²). Cela représente du temps, certes, mais aussi des économies (20 €/m²).

DÉMOLITION DE LA CHEMINÉE ET TUYAU SIMPLE PEAU
BEDOUS (64)

Objectif des travaux

Profiter pleinement de la chaleur émise par le poêle à bois. Encastrer sous la cheminée, le rayonnement du poêle est limité. **En supprimant la cheminée et son conduit, la chaleur sera mieux répartie** et le confort thermique, même à l'étage, sera amélioré.

2021

1200 € de fumisterie (dont passage des planchers, solin, tuyau double peau)

2 jours

1 auto-constructeur

Matériaux et outils

Tuyaux de poêle non isolés (simple peau) et double peau pour la toiture
Plaques de propreté
Marteau piqueur

Solution technique adoptée pour sa facilité de mise en œuvre, le poêle installé dans une cheminée présente des inconvénients. En effet, la **chaleur reste coincée sous le conduit** de la cheminée, même lorsque son isolation thermique et l'étanchéité à l'air sont réalisées. Le **rayonnement** n'est alors effectif **que sur la face avant**, comme pour un insert (voir en annexe *"Chauffage au bois : poêle ou cheminée ?"*).

Poêle installé dans la cheminée

Mise en œuvre

1. Sortir le poêle et son tuyau. **Commencer par démolir la sortie de toiture, puis le conduit maçonné de l'étage et enfin le manteau et la hotte de la cheminée.** Si la sortie de toiture est conservée, il faudra reprendre les charges en renforçant la structure.

2. Installer le poêle à bois avec un tuyau simple peau, y compris à l'étage. Eviter les coudes à 90°. **Respecter les distances de sécurité et installer des plaques de propreté à chaque passage de plancher pour la garde au feu.**

Sécurité

Installer un détecteur de fumée et de monoxyde de carbone pour limiter les risques.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

REMPLACEMENT DE L'IINSERT PAR UN POELE À BOIS
Viella (32)

Objectif des travaux

Optimiser la chaleur du chauffage au bois en remplaçant l'insert par un poêle à bois. Il est possible de "sortir" le poêle de la cheminée grâce à des coudes à 45° mais **pour plus d'efficacité, la hotte de la cheminée doit être supprimée.**

2022

1535 € pour l'achat du poêle neuf et de la fumisterie (conduit maçonné tubé jusqu'en haut)

2 jours pour la démolition + 1 jour pour l'installation du poêle + 1 jour pour l'enduit terre

2 à 3 auto-constructeurs

Matériaux et outils

Tuyaux et coudes à 45° de poêle non isolés (simple peau)
Plaque inox
Poêle à bois 10 kWh
Marteau piqueur, grosse meuleuse, masse

L'inconvénient principal des cheminées à foyer fermé ou inserts, est leur installation de manière encastrée. Leur rayonnement se fait sur une unique face, qui limite la propagation de la chaleur dans les pièces de vie et favorise les déperditions (voir en annexe *"Chauffage au bois : poêle ou cheminée ?"*).

Poêle encastré dans la cheminée ou insert

Mise en œuvre

1. Démonter le manteau de la cheminée. Meuler aux niveaux des raccords en plâtre (par exemple au niveau du plafond). **Casser la hotte** en briques. Ici, le conduit en boisseaux repose sur la dalle maçonnée : sa charge ne doit pas être reprise.

2. Meuler entre le mur et le jambage afin de faciliter la démolition de celui-ci. Enlever le parement en briques sur le mur du fond.

3. Reprendre si besoin le socle qui recevra le poêle afin qu'il soit bien plan. **Passer tout les tuyaux et la plaque de propreté** avant de finaliser l'installation du poêle.

4. Le revêtement derrière la cheminée doit être rafraichit. Ici, **un enduit terre a été appliqué**.

Pour plus d'efficacité, la cloison qui sépare la cuisine du salon doit être abattue. **Le décloisonnement des pièces de vie est fortement recommandé** pour que le poêle devienne le système de chauffage principal.

Sécurité

Installer un détecteur de fumée et de monoxyde de carbone pour limiter les risques.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

SYSTEME DE CHAUFFAGE BOIS BOUILLEUR
VIELLA (32)

Objectif des travaux

Chauffer une réserve d'eau grâce à un poêle ou cuisinière à bois mimant un système de chauffage central. Alimenter le réseau de radiateurs existants et ainsi remplacer la chaudière au fioul. Dans une moindre mesure, chauffer le salon par rayonnement direct.

2011

Bouilleur à bûches : 1780 €
Fournitures plomberie : 1000 €
Fumisterie : 850 €

3 jours

1 plombier
1 autoconstructeur

Matériaux et outils

Bouilleur 80 L (H125 x L78 x P62 cm), puissance 22 kW (19,5 kW chauffage + 2,5 kW rayonnement), rendement 85 %, capacité 15 radiateurs
Plomberie (circulateur, vannes, thermostat réglable, sécurités...)
Fumisterie (tuyau inox simple, puis double peau, chevêtre, gaine prise d'air...)

Le combustible pour une saison de chauffe coûte 500 € en bois, contre 2200 € en fioul auparavant. Un système bouilleur convient pour tout type de volume tout en étant moins onéreux et moins encombrant qu'une chaudière à bois classique, mais aussi moins autonome.

Bouilleur

Cuisinière à bois bouilleur

Mise en œuvre

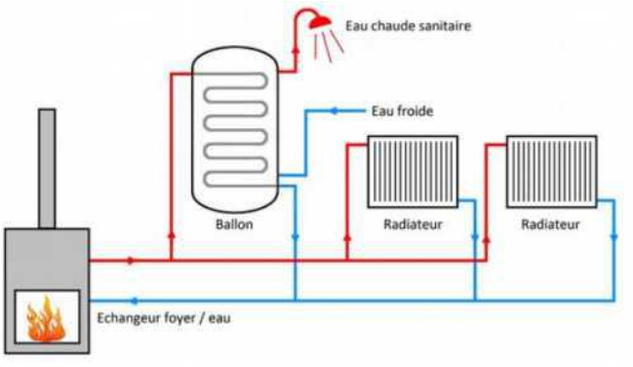
1. **Installer le bouilleur** avec ses sondes et ses sécurités. Installer l'évacuation des fumées en tuyau inox simple jusqu'au plafond, puis en double peau dans les combles. Installer la plaque de protection au plafond.
2. **Raccorder au réseau de la chaudière fioul et des radiateurs.** La chaudière continue à produire l'Eau Chaude Sanitaire (ECS).
3. En fonction du modèle, l'eau doit revenir chaude (entre 45 et 65°) pour éviter l'encrassement voire la corrosion des réseaux et du corps de chauffe dû à la condensation.

Entretien

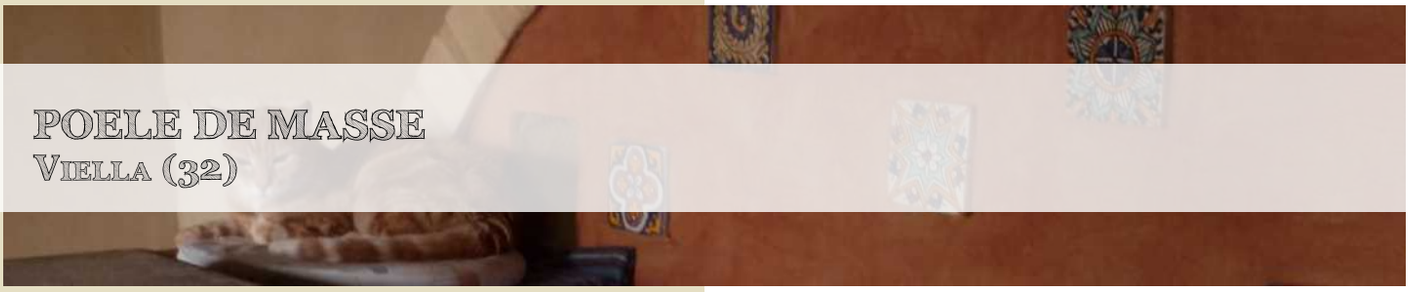
Surveiller régulièrement l'état des réseaux et du corps de chauffe. Même entretien que pour un poêle et une chaudière classiques.

Perspectives

Raccorder un ballon tampon pour que le bouilleur chauffe aussi l'ECS. L'idéal serait d'installer des panneaux solaires thermiques pour se passer complètement de fioul.



Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org



POELE DE MASSE
Viella (32)

Objectif des travaux

Chauffer la maison avec une ou deux flambées par jour et apporter de l'inertie. Le poêle de masse (PdM) diffuse lentement la chaleur par rayonnement. Il se place idéalement au centre d'une maison compacte et "peu cloisonnée". Installé ici dans la pièce principale, il fait également profiter la chambre de sa chaleur douce. Son rendement est de 80 % à 90 %.

2010

3000 € : matériaux PdM + 1000 € : fumisterie
2200 € : accompagnement au chantier

10 jours

9 stagiaires PdM*
1 intervenant professionnel

**Ce PdM a été construit lors d'un stage d'une semaine organisé par Pierre & Terre. L'autoconstruction est possible, mais il s'agit d'être vigilant et rigoureux quant à la mise en œuvre du corps de chauffe : un accompagnement technique est conseillé.*

Matériaux et outils

Blocs de béton de chaux allégés
Briques et mortier réfractaires, argile, sable, BTC (Briques de Terre Comprimée), portes et trappes en fonte, nappe isolante en laine réfractaire, thermomètre
Matériel de maçonnerie

Les fumées circuleront à l'intérieur des banquettes

Le poêle de masse terminé, avec son enduit terre

Mise en œuvre

1. **Maçonner la base du foyer avec le béton de chaux allégé** et un mortier argile-sable. Former le foyer avec les briques et le mortier réfractaires, qui supporteront sa très haute température : plus de 1000°. L'ouverture frontale sert à enlever la cendre et l'ouverture zénitale à charger le bois.

2. **Maçonner les BTC** des banquettes au mortier argile-sable. Les fumées (800°) y circuleront. Prévoir des trappes pour ramoner.

3. **Construire l'évacuation** munie d'un bi-passe et d'un thermomètre. Fixer les éléments en fonte entourés de laine réfractaire. Finir la double paroi autour du corps de chauffe. Installer les injecteurs d'air secondaire et le couvercle de chargement. Après un hiver, recouvrir le PdM d'un enduit terre-sable légèrement fibré, de 3 à 4 cm d'épaisseur.

Perspectives

Entamer les saisons de chauffe en douceur (petits chargements) pour ne pas fissurer le PdM (dilatation). Une à deux flambées par jour suffisent. Le bois brûle 1 à 2 h et l'accumulateur diffuse pendant 12 à 24 h. On peut y greffer un four ou un échangeur pour l'eau chaude sanitaire. Ici, une plaque chauffe-plats sera aménagée sur le dessus du poêle.

PLANCHER CHAUFFANT BASSE TEMPÉRATURE

BEAUMARCHÉS (32)

Objectif des travaux

Apporter une chaleur douce et bien répartie dans la pièce grâce à un chauffage basse température par le sol. L'inertie de la chape contribue au confort thermique. Le poêle bouilleur du salon (30 kW) et les 6 panneaux solaires (14 m²) chauffent l'eau qui circule dans les 4 réseaux de serpentins au sol.

2012

40 à 60 €/m² plancher chauffant seul (tuyaux + collecteur + matériel de plomberie)

1 semaine (70 m²)

1 autoconstructeur avec les conseils et l'accompagnement d'un professionnel

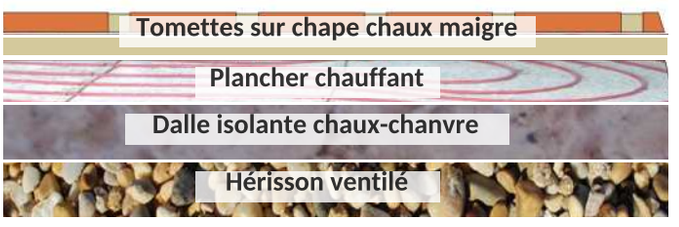
Matériaux et outils

Tuyaux en PER (polyéthylène réticulé) avec barrière anti-oxygène
Collecteur de plancher chauffant
Plomberie : circulateur, réglages et contrôles (vannes, sondes), 1 ballon de 1000 L isolé, dont 200L pour l'ECS

Remarque

De grandes ouvertures au sud permettent de réchauffer gratuitement la masse du sol les jours de soleil. Les panneaux solaires suffisent alors à chauffer l'habitation grâce au plancher chauffant, sans faire de flambée dans le poêle bouilleur.

Ici le sol a été décaissé afin de réaliser un hérisson surmonté d'une dalle isolante chaux-chanvre de 20 cm. Le sol doit être stable, régulier et surtout bien isolé car le plancher chauffe par conduction et rayonnement dans toutes les directions, y compris vers le bas.



On tasse la chape au pied et on la tire à la règle

Mise en œuvre

1. **Poser le collecteur.** Il relie les circuits au ballon d'eau chaude. Créer le calepinage (plan des serpentins) de manière à ne pas croiser les tuyaux. Ici, 4 boucles en serpentins couvrent tout le sol (70 m²) du volume chauffé. L'écartement des tuyaux est fixe (≈ 30 cm).

2. **Poser les tuyaux** sur la dalle isolante selon le calepinage en les fixant (liens plastiques) sur des tasseaux.

3. **Raccorder les tuyaux au collecteur.** Vérifier l'étanchéité en soumettant le réseau à la pression maximale.

4. **Tirer la chape** chaux-chanvre de 5 cm sur les tubes en tassant au pied (voir fiche dédiée). Par la suite, poser les carreaux de terre cuite (voir fiche dédiée) : ils ajouteront de l'inertie au sol de la maison.

Entretien

Suivant la matière des tuyaux ou s'il y a de l'oxygène dans le réseau d'eau, des boues peuvent se former. Tous les 5 ans si besoin, vidanger les circuits du plancher chauffant, boucle par boucle, jusqu'à ce que l'eau coule claire (désembouage). Surveiller le système pour éviter le colmatage irréversible.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

SOLAIRE THERMIQUE & CHAUDIÈRE AUTOMATIQUE
LABARTHÈTE (32)

Objectif des travaux

Fournir de l'eau chaude sanitaire et chauffer une maison de 400 m² habitée par 4 personnes grâce aux énergies renouvelables. Le solaire thermique constitue l'énergie primaire et la chaudière automatique sert de complément en hiver. Le confort d'utilisation est identique à celui d'un système au fioul ou au gaz.

2002

Chaudière 30 kW : 11 000 €
6 panneaux solaires thermiques (14 m²) : 10 000 €
Plaquettes bois : 25 €/m³ (soit 500 €/an)
ou granulés bois : 250 €/t (soit 1000 €/an)

1 semaine

1 artisan plombier

Matériaux et outils

1 chaudière automatique 30 kW multicombustible (bois fragmenté, copeaux, granulés, déchets ligneux)
Autonomie : programmation, alimentation par désileur et vis sans fin, décendrage automatique
1 ballon de stockage double échangeur de 1000 L
6 panneaux solaires thermiques (14 m² en tout) pour une puissance globale de 1.2 kWc

La chaudière et le système de contrôle sont équipés de sondes afin de faciliter la programmation

Les 6 panneaux solaires sont posés au sud

Mise en œuvre

L'installation est pensée de manière à avoir des circuits les plus courts possibles. Les systèmes sont bien isolés. Les tuyaux sont calorifugés avec un bourrelet en textiles recyclés.

Les panneaux sont installés au sud sur la toiture existante. L'inclinaison de 52,5° est calculée pour un rendement optimal à l'intersaison. Pour un meilleur rendement hivernal, il faudrait augmenter l'inclinaison jusqu'à 62°. Les panneaux sont reliés entre eux, puis au ballon de stockage. En été, ils suffisent à fournir l'eau chaude sanitaire.

Le ballon double échangeur fournit l'eau chaude sanitaire et alimente les radiateurs en fonte existants.

La chaudière est installée dans le garage. Le corps de chauffe est adossé à un silo de 18 m³ de combustible dimmensionné pour une saison. Ce réservoir en ossature bois a été autoconstruit. L'approvisionnement est réalisé par le toit.

Aides

Des crédits d'impôts et des aides de l'ANAH sont possibles selon les revenus du foyer.

Entretien

L'entretien est spécifique en fonction des types de chauffage et fumisterie. Il est conseillé de nettoyer les panneaux une fois par an (à l'automne).

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

RÉCUPÉRATION D'EAU PLUVIALE
LUPPÉ-VIOLLES (32)

Objectif des travaux

Viser l'autonomie en eau pour une famille de quatre personnes : arroser le jardin, filtrer l'eau de pluie pour l'usage sanitaire (bain, buanderie, cuisine) et la potabiliser pour la consommation.

2006

Cuves & terrassement : 2000 €
Groupe hydrophore : 500 €
Filtres 700 € + petit matériel : 500 €

6 jours (dont 1 jour terrassement)

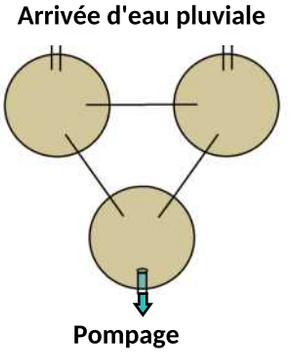
1 technicien eau pluviale + 1 terrassier
1 autoconstructeur

Matériaux et outils

3 cuves cylindriques en béton de 6000 L chacune
Pelle mécanique de 18 t, 2 m³ de sable, tuyaux polyéthylène, regards et petit matériel
Groupe hydrophore : pompe couplée à un surpresseur de 100 L
Filtres : grillage, 2 paniers à mailles fines, 1 préfiltre 50 micromètres, 1 filtre 10 micromètres, 2 filtres à charbon actif et 1 filtre céramique

Le système tient compte de la pluviométrie locale, la surface de toiture (250 m²) et l'usage prévu. Cette famille équipée de toilettes sèches consomme 220 L/jour, arrosage du jardin compris. Les cuves pleines offrent une autonomie de 3 mois. Un trop plein est raccordé à la mare vivante du jardin.

Installation finie & raccordement des cuves



Mise en place des cuves sur lit de sable

Mise en œuvre

Les cuves : creuser un trou avec la pelle mécanique au nord de la maison. Du sable est placé sous les cuves. Il est tiré à la règle pour réaliser une assise parfaite de niveau. Les raccorder en étoile avec des siphons en tuyau polyéthylène. Coupés en biseau et placés dans des regards au fond des cuves, ils évitent le désamorçage. Les cuves sont en béton : il résiste à l'acidité de l'eau de pluie et rééquilibre son pH.

La pression est assurée par le groupe hydrophore : la pompe ne se déclenche qu'à partir d'un certain besoin en eau, ce qui améliore sa longévité.

Les filtres : un grillage sur la gouttière écarte les feuilles et les brindilles. Des paniers à mailles fines dans les regards collecteurs éliminent les éléments plus petits, afin de limiter les dépôts au fond des cuves. D'autres grillages sont placés sur les tuyaux reliant les regards collecteurs aux cuves. Un préfiltre lavable en inox de 50 micromètres est installé juste en amont de la pompe. L'eau sanitaire de la maison passe par un filtre 10 micromètres à chaussette jetable suivi d'un filtre à charbon actif. Pour l'eau de consommation, on élimine le risque de contamination (micro-organismes, bactéries, virus, métaux lourds, pesticides) grâce à un filtre à charbon actif suivi d'un filtre céramique de 0,4 à 0,7 micromètre.

Entretien

Nettoyer les paniers filtrants après chaque début de période pluvieuse. Changer les filtres tous les 6 mois et tous les ans pour les filtres à eau potable.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

ASSAINISSEMENT PAR FILTRES À BROYAT DE BOIS
Lascazères (65)

Objectif des travaux

Réaliser l'assainissement non collectif (ANC) en filière écologique. Les Filtres à broyat de bois représente l'alternative la plus simple et la plus économique en termes d'assainissement non collectif des eaux ménagères, par ailleurs directement valorisées au jardin via ce système aux multiples avantages.

2019

Environ 840 € (sans l'étude)

1 jour

1 technicien assainissement + 1 artisan terrassier

Matériaux et outils

Regards, tuyaux, coudes, substrat végétal (BRF bois raméal fragmenté, copeaux)...
Arbres, arbustes (déjà présents ou à planter)
Pelle mécanique
Pelle, râteau, pioche...

Ce ménage utilise des toilettes sèches et des produits écologiques pour la cosmétique, le ménage... **L'étude ANC tient compte de ce mode de vie respectueux de l'environnement et a dimmensionné un système d'assainissement constitué de 4 tranchées non étanches de 30 cm de profondeur remplies de BRF pour une superficie totale de 4 m².** Chaque tranchée fonctionne en alternance. Installer ces tranchées au pied d'arbres (verger) ou arbustes (haie) permet une valorisation de ces eaux et garantit également une bonne vie du sol, essentielle au processus d'assainissement par filtres à broyat de bois.

Entretien

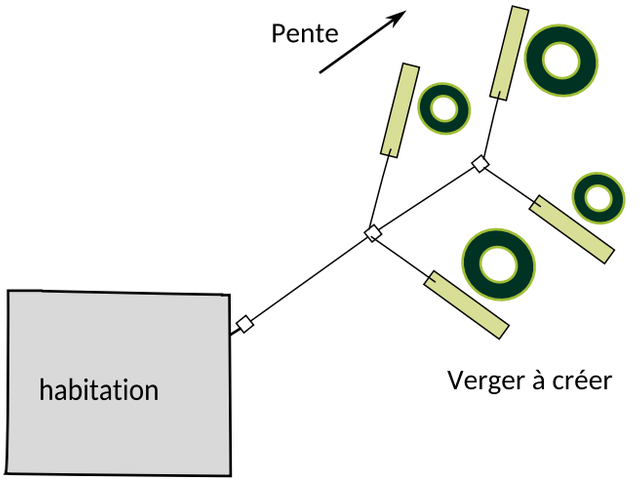
Alterner l'utilisation des filtres. Inspection rapide et régulière du système. Aération de l'entrée du filtre avec un croc. En cas de colmatage, utiliser une pelle et une brouette pour remplacer le vieux BRF par du nouveau (coût de l'opération entre 20 et 40 €).

Pour plus d'informations, veuillez vous reporter au guide de l'assainissement écologique disponible sur pierreetterre.org

Vue sur le tuyau qui arrive au-dessus d'un des filtres remplis de broyat.

Mise en œuvre

1. **Réaliser le terrassement** des canalisations et des tranchées.
2. **Poser les canalisations**.
3. **Remplir les filtres de broyat (copeaux, BRF**...).
4. Si votre système n'a pas pu être installé au pied d'arbres et arbustes, plantez-en.



Vue en plan d'une installation type de FBB : l'eau arrive par-dessus sur l'un ou l'autre des filtres qui composent le système puis s'infiltre dans le sol, irriguant ainsi gratuitement les arbres et plantes du jardin...

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

TOILETTE UNITAIRE GRAVITAIRE RELIÉE AU COMPOSTEUR
MONFORT (32)

Objectif des travaux

Installer des toilettes sèches contemporaines ne nécéssitant ni vidange ni ajout de sciure.

2017

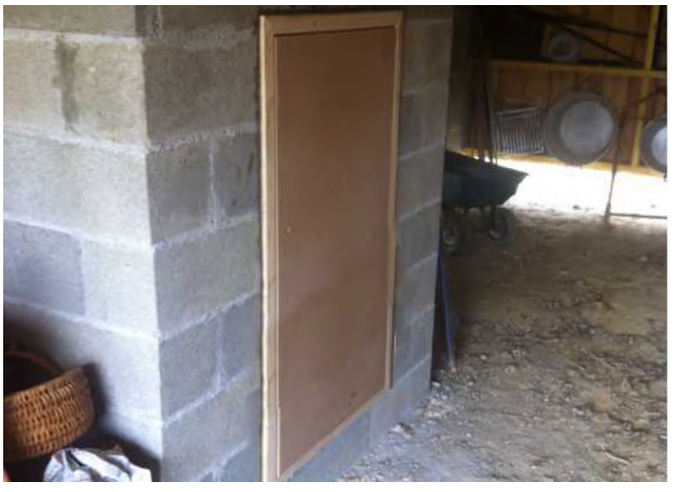
1680 € : composteur, assise inox et ventilation

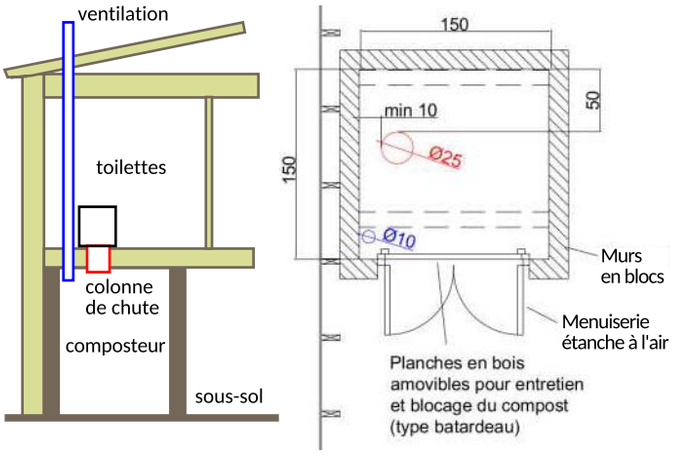
2 jours

2 artisans : maçon et électricien

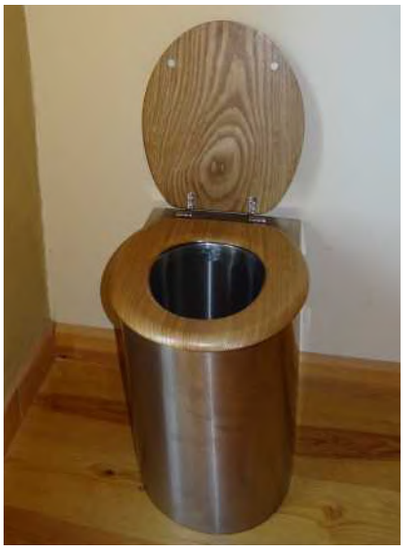
Matériaux et outils

Assise inox, blocs de ciment, menuiserie bois étanche, ventilateur, tuyaux de ventilation en PVC et zinc, chapeau de ventilation, tuile à douille
Petit matériel de maçonnerie





Photo, coupe schématique et plan du composteur maçonné dans un sous-sol



Toilettes inox avec lunette bois

Mise en œuvre

Agrandir à 25 cm de diamètre le trou dans le plancher, après avoir démonté les toilettes à eau. Faire bien attention à ne pas toucher un élément de structure (solive) ou une canalisation.

Le ventilateur extrait en continu l'air vicié du composteur. L'air circule des toilettes vers l'extérieur via le composteur : il n'y a ainsi aucune odeur. Bien étanchéifier le raccord entre le composteur et la colonne de chute par un joint en silicone. Utiliser un manchon souple pour relier le ventilateur au conduit d'extraction afin de réduire les vibrations (le bruit).

Préparer le composteur en y déposant 200 L de sciure.

Entretien

Les matières collectées se compostent au fur et à mesure grâce à des petits vers : des Eisenia Fœtida. Il est conseillé d'aller contrôler le composteur tous les mois via la menuiserie : casser le cône formé sous la colonne de chute en étalant les matières avec un croc dédié et déplacer les matières sur le côté.
Au bout de plusieurs années, une vidange des matières présentes devant le batardeau est à envisager.

Pour plus d'informations, veuillez vous reporter au guide de l'assainissement écologique disponible sur pierreetterre.org

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

TOILETTE À SÉPARATION RELIÉE AU COMPOSTEUR
Lahitte (32)

Objectif des travaux

Remplacer les toilettes à eau par des toilettes sèches contemporaines ne nécéssitant ni vidange ni ajout de sciure, sans devoir restaurer le réseau d'eau défectueux (mauvaise évacuation).

2015

Toilette sèche avec tapis : 2500 €

1 jour

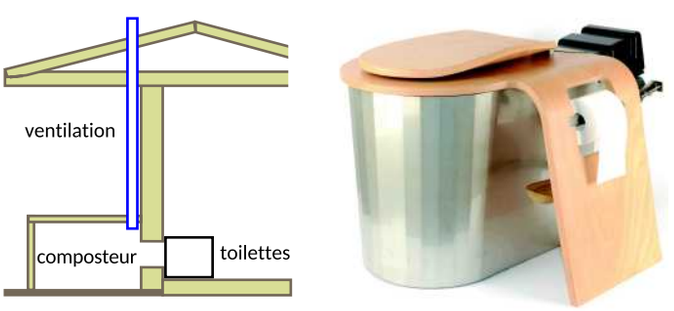
1 plombier

Matériaux et outils

1 toilettes sèches avec tapis roulant Ecodoméo modèle Neodyme (fabrication française)

1 lombricomposteur rectangulaire 3 zones, en contreplaqué, étanchéifié par une bâche EPDM, avec 3 trappes de visite et 1 trappe de vidange

1 siphon sec pour l'évacuation des urines **+** 1 grand croc à fumier



Coupe schématique et modèle d'assise

Modèle d'assise et exemple de composteur extérieur

Le composteur installé dans le garage sert d'établi

Ce modèle fait partie des toilettes à séparation reliées à un composteur arrière. Ici les matières tombent sur le tapis roulant tandis que les liquides coulent sous le tapis : ils sont évacués vers l'assainissement. Une pédale mécanique permet d'actionner le tapis pour envoyer les matières dans le composteur situé derrière les toilettes. L'épaisseur du mur à traverser peut aller jusqu'à 85 cm.

Mise en œuvre

Percer un trou de 34 x 40 cm dans le mur derrière les toilettes, à la base du mur. Raccorder l'évacuation des urines à l'assainissement en intégrant le siphon sec.

L'air circule des toilettes vers le composteur étanche puis vers l'extérieur, grâce au ventilateur. Poser le grillage fin autour du ventilateur dans le composteur (anti-mouches supplémentaire).

Entretien

Rincer et nettoyer le tapis avec une brosse à WC et des produits nettoyants écologiques. Avec un composteur décaissé de 40 cm par rapport au sol des toilettes, on peut déplacer le tas de matières et de papier seulement une fois par an, avec le croc, vers la zone suivante du lombri-composteur. Au bout de 3 à 10 ans, une vidange de la dernière zone de compostage s'impose. Contrôler tous les 3 mois les tas de compost, humidifier si besoin.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

TOILETTE À SÉPARATION AVEC COMPOSTEUR EXTÉRIEUR

BONLOC (64)

Objectif des travaux

Économiser l'eau et surtout éviter de la polluer, valoriser les matières par compostage... Les raisons pour passer en toilettes sèches abondent. Cette famille s'est équipée de trois exemplaires. Ce modèle-ci s'adapte aux rénovations car il est simple à installer. Il requiert un espace au sol de 50 cm de large par 70 cm de profondeur.

2008

Toilettes à séparation : 720 € l'unité

1 journée

1 autoconstructeur

Matériaux et outils

1 composteur de jardin en bois d'environ 600 L, acheté en déchetterie

3 Kits complets Separett Villa 9000 comprenant chacun :

- 1 cuvette de toilettes en polypropylène recyclable
- 1 siège adaptateur pour enfant
- 3 seaux de 23 L et 2 couvercles
- 1 ventilateur 230 V/16,5A/11,5W
- 1 conduit de ventilation (+grille et filet à insectes)
- 1 chapeau de ventilation
- 1 joint souple acoustique
- Des raccords et accessoires de montage...

Compléter ce kit avec un syphon sec afin d'éviter toute remontée d'odeurs liée à l'urine.

Les toilettes SEPARETT installées

Un siphon sec et sa membrane

Mise en œuvre

Ces toilettes à compost sont dotées d'une cuvette permettant de séparer à la source les urines (stériles) des matières fécales.

Cela permet d'espacer les vidanges car les urines représentent 80 % du poids des matières. Ici, elles sont dirigées vers l'assainissement par gravité. Les fèces sont collectées dans un seau étanche et amovible situé sous l'assise. Un obturateur cache son contenu et s'ouvre uniquement lorsque l'utilisateur s'assoit sur la cuvette. Il est nécessaire de s'assoir, même pour les messieurs. Il est parfois utile de rincer la cuvette avec une petite bouteille d'eau. Ces toilettes se nettoient comme des toilettes à eau, avec des produits écologiques.

Il est possible d'insérer un sac poubelle biodégradable dans le seau ou bien de le tapisser d'un peu de papier journal ou de sciure. **Sa contenance de 23 litres assure une autonomie de 100 utilisations.** Dans cette résidence secondaire habitée par 2 personnes, on vide le seau des 3 toilettes tous les 2 à 3 mois.

Le ventilateur intégré à l'intérieur de la cuvette évacue l'air vicié de ces toilettes qui fonctionnent donc sans ajout de sciure. Sa consommation est minime et son niveau sonore faible (modèles de plus en plus performants d'année en d'année). Un joint souple entre les toilettes et le sol évite toute vibration.

Perspectives

L'idéal est de renvoyer les urines directement vers le compost.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

ANNEXES

SIMPLE VITRAGE : CHANGER OU CONSERVER/AMÉLIORER ?
Les volets isolants, la solution ?

Les menuiseries représentent 13 % des déperditions thermiques des bâtiments. Néanmoins lors de travaux d'isolation, le changement des menuiseries n'est pas prioritaire face à l'isolation du toit et des murs. D'autres procédés peuvent limiter les pertes thermiques par le vitrage, comme la mise en place de volets isolants.

Bilan thermique d'un vitrage au SUD

En hiver, les vitrages au sud permettent de bénéficier d'apports calorifiques gratuits. En déduisant les déperditions thermiques à ces derniers on obtient le bilan thermique du vitrage.

SUD	Apports solaires A	Déperditions annuelles D	Bilan A + D
	kWh/m²/an*		
Simple vitrage	282	- 221	61
Simple vitrage Volets isolants	282	- 120	162
Double vitrage lame d'air 16 ITR** - gaz	253	- 112	141

** an = période de chauffe*
*** ITR : isolation thermique renforcée*

Pour tous les vitrages, on constate que les apports solaires sont supérieurs aux pertes thermiques (bilan positif allant de 61 à 162 kWh/m²/an). Les simples vitrages présentent à la fois les apports solaires les plus élevés et les pertes thermiques les plus grandes. L'installation de volets isolants sur un simple vitrage permet de réduire les pertes thermiques tout en bénéficiant des apports solaires. Ainsi le bilan final d'un simple vitrage avec des volets est le plus intéressant. Le volet proposé est un volet « bouchon » en liège d'épaisseur 8 cm.

Bilan thermique d'un vitrage au NORD

Dans le cas d'une conception bioclimatique, les pièces où l'on ne reste pas longtemps (telles que la salle de bain, les toilettes, le cellier) sont situées au nord. Dans les autres bâti, dans la majorité des cas (personnes qui travaillent à l'extérieur) les pièces au nord ne sont pas utilisées sur de longs créneaux horaires. Dans toutes ces situations en période de chauffe les volets au nord sont fermés la journée. Les apports solaires sont alors nuls, on va donc chercher à minimiser les déperditions thermiques.

NORD	Apports solaires A	Déperditions annuelles D	Bilan A + D
	kWh/m²/an*		
Simple vitrage	0	- 221	- 221
Simple vitrage Volets isolants	0	- 21	- 21
Double vitrage lame d'air 16 ITR** - gaz	0	- 112	- 112

** an = période de chauffe*
*** ITR : isolation thermique renforcée*

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

On constate que les vitrages au nord sont déperditifs. Néanmoins des volets isolants permettent de réduire les déperditions thermiques : les pertes sont alors 5 fois plus faibles que celles liées à un double vitrage.

Bilan économique

	Menuiserie 1,25 x 1,2 m²
Isolation d'un volet existant	43,00 €
Pose d'un volet bouchon	288,00 €
Pose d'un double vitrage	671,26 €

Prix matériaux et pose

La pose d'un double vitrage comparée à la pose d'un volet bouchon est 2,3 fois plus cher. Comparée à l'isolation de volets déjà existants, elle est 16 fois plus onéreuse.

Bilan carbone

L'installation d'une nouvelle menuiserie et l'isolation d'un volet n'ont pas le même bilan carbone.

	Menuiserie Bois	**Liège 8 cm**
Energie non renouvelable (kWh)	274	14
Effet de serre (kg eq. CO_2)	- 4	- 8,8

La fabrication d'une menuiserie bois double vitrage consomme 274 kWh et stocke 4 kg eq CO_2. On constate qu'une plaque de liège nécessite 14 kWh pour sa réalisation soit 20 fois moins d'énergie et stocke 2 fois plus de CO_2. De plus, il faut prendre en compte que le changement d'une menuiserie crée des déchets (ancienne menuiserie à gérer).

Gestion des surfaces vitrées

La mise en place de volets doit être couplée à une bonne gestion de ces derniers : l'hiver ouverture des volets sud la journée lorsqu'il y a du soleil et fermeture dès la tombée de la nuit. Ainsi on maximise les apports solaires en limitant les déperditions thermiques. En été, il est nécessaire de protéger les vitrages pour éviter les surchauffes. Cette protection peut être réalisée soit par les volets extérieurs, soit par une casquette solaire (par exemple une treille végétale), des arbres... Pour les masques végétaux, il faut choisir des essences à feuilles caduques afin de protéger les vitrages l'été et bénéficier des apports solaires l'hiver.

Étanchéité à l'air des menuiseries

L'argument du remplacement des menuiseries concernant l'étanchéité à l'air est à prendre avec des précautions. Notamment dans le cas des maisons non perméables à la vapeur pour lesquelles on positionnera des grilles de ventilation lors de la pose de nouvelles menuiseries.

Conclusion

Dans certains cas (vitrage au sud, pas de masque solaire l'hiver...), il est préférable de conserver un simple vitrage et d'installer des volets isolants : ces travaux permettent d'obtenir une bonne performance thermique en maîtrisant les coûts. Cette solution est la plus facile à mettre en œuvre, elle est donc la plus économique mais aussi la plus écologique.

Ces résultats peuvent être nuancés dans le cas où les menuiseries participent à un effet de paroi froide ou si elles nuisent au confort acoustique. Dans ces cas, le remplacement des menuiseries apportent différents bénéfices. On choisira alors des menuiseries en bois local.

En effet, les valeurs précédentes ont été calculées dans le cas où on l'on pose des menuiseries en bois local. Si les

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

nouvelles menuiseries sont en aluminium, en PVC ou en bois exotique, les résultats obtenus sont encore plus défavorables. Auxquels il faut ajouter les pollutions émises, les impacts sur la qualité de l'air et la biodiversité, ainsi que les désastres humanitaires dans le cadre de bois exotique.

Calculs des déperditions thermiques des vitrages

Calcul des déperditions thermiques des différents vitrages :

Type de vitrage	Déperditions thermiques kWh/m²/an*
Simple vitrage	- 221
Simple vitrage Volets liège - 8 cm	- 120
Double vitrage lame d'air 16 ITR** - gaz	- 112
Triple vitrage lame d'air 10 ITR** - gaz	- 79

*an = période de chauffe
**ITR = isolation thermique renforcée

Calcul des déperditions thermiques avec et sans volets et gain thermique associé :

	Déperditions annuelles		
	Sans volets	Avec volets liège 8 cm	Gain
Type de vitrage	kWh/m²/an*		%
Simple vitrage	- 221	- 120	46 %
Double vitrage lame d'air 16 ITR** - gaz	- 112	- 65	41 %
Triple vitrage lame d'air 10 ITR** - gaz	- 79	- 48	39 %

* an = période de chauffe
** ITR : isolation thermique renforcée

Calcul des gains énergétiques obtenus après la mise en œuvre d'une des modifications (colonne de gauche) à partir d'un simple vitrage sans volet :

Gain énergétique		Vitrage initial	
		Simple vitrage sans volets	
		kWh/m²/an*	%
Modification	Avec volets Liège - 8 cm	102	46 %
	Double vitrage lame d'air 16 ITR** - gaz	46	21 %
	Triple vitrage lame d'air 10 ITR** - gaz	31	14 %

* an = période de chauffe
** ITR : isolation thermique renforcée

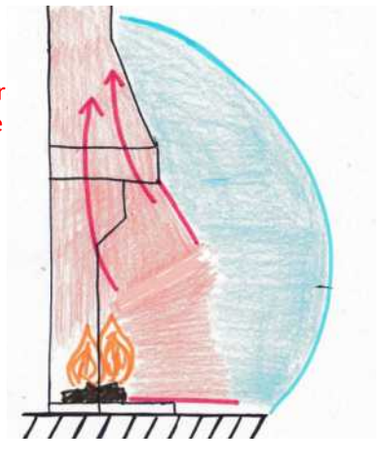
Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

CHAUFFAGE AU BOIS : POELE OU CHEMINÉE ?

COMPRENDRE LES DIFFERENTS SYSTÈMES DE CHAUFFAGE BOIS

CHEMINÉE À FOYER OUVERT

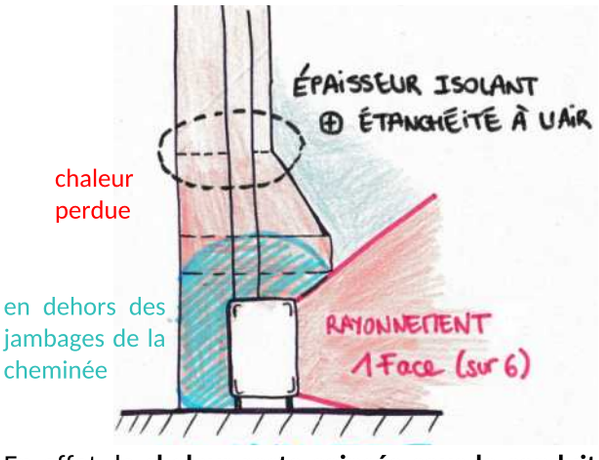
Dans les maisons anciennes, les **cheminées** sont généralement à **foyer ouvert** et situées sur les murs périphériques de l'habitation. Ce type de cheminée, bien qu'elles soient appréciées pour leur charme rustique et l'ambiance chaleureuse qu'elles procurent, n'ont **aucun avantage thermique**.



En effet, leur **rendement** ne dépasse guère les **10 %** ; autrement dit, près de 90 % de la chaleur est perdue par sa simple ascension dans le conduit. De plus **elles refroidissent la maison** et augmentent la consommation des autres appareils de chauffage, dû au volume d'air qu'elles renouvellent.

POELE DANS CHEMINÉE

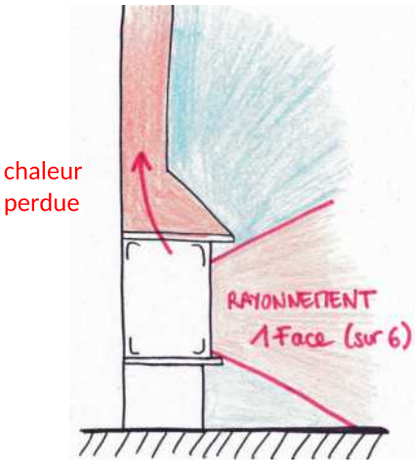
Solution technique adoptée pour sa facilité de mise en œuvre, le **poêle installé dans une cheminée** présente en réalité de gros inconvénients.



En effet, la **chaleur reste coincée sous le conduit** de la cheminée, même lorsque son isolation thermique et l'étanchéité à l'air sont réalisées. Le **rayonnement** n'est alors effectif **que sur la face avant**, comme pour un insert. Le poêle ne produit pas la chaleur attendue et présente des pertes de rendements importants.

INSERT À FOYER FERMÉ

Les **cheminées à foyer fermé ou inserts** présentent un rendement qui avoisine les **30 à 50 %** pour des **modèles anciens**, pouvant aller **jusqu'à 70 %** pour des **modèles récents**.

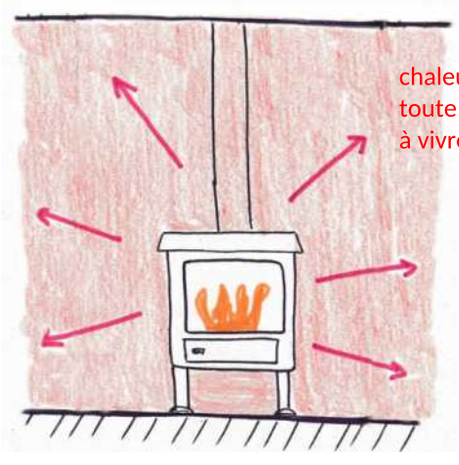


Leur inconvénient principal est leur installation de manière encastrée. De fait, leur **rayonnement se fait sur une unique face**, qui limite la propagation de la chaleur dans les pièces de vie et **favorise les déperditions**.

SOLUTION OPTIMALE

POELE

Un **poêle**, bûches ou granulés, dépasse facilement les **80 % de rendement**.



Pour qu'il soit efficace, il doit être **bien positionné**, contre un mur intérieur, dans une zone de vie décloisonnée et avec un conduit non isolé. Attention à respecter les règles de sécurité (gardes au feu, etc.).

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

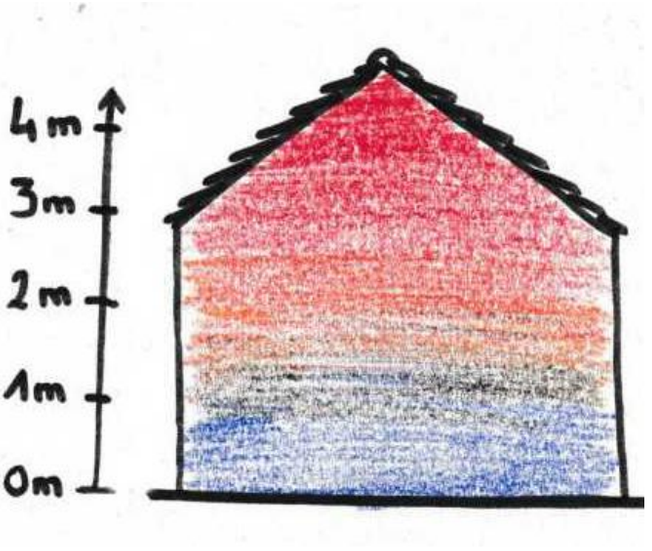
ANNEXE

HAUTEUR SOUS PLAFOND : DU SIMPLE AU DOUBLE !

RÉDUIRE LA HAUTEUR POUR RÉDUIRE LA FACTURE

DOUBLE HAUTEUR

Une **hauteur sous plafond importante**, bien qu'elle soit recherchée pour son effet "cathédrale" n'a, d'un point de vue thermique, **que des inconvénients**.



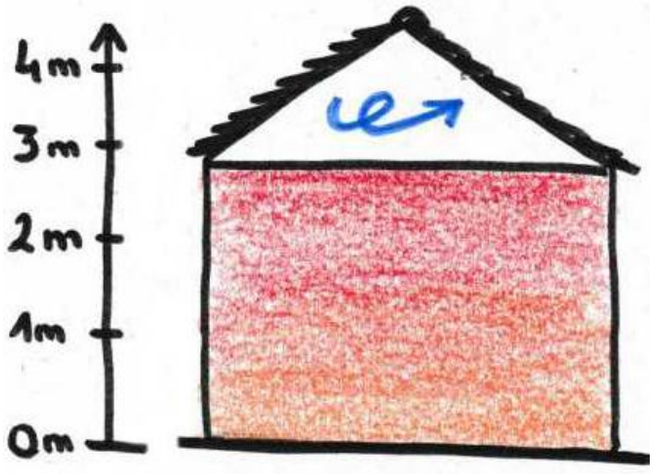
Comme le montre le schéma ci-dessus, la **différence de température** est significative. L'air chaud montant, elle devient rapidement **plus élevée** sous le toit, tandis que les **espaces inférieurs** restent **plus froids**.

Cela peut entraîner une **augmentation importante de la facture d'énergie**. En effet, pour une **même surface au sol**, il y a **plus de volume d'air à chauffer**. Par exemple, une maison de 100 m² avec une hauteur sous toit de 4 m aura 100 m³ d'air de plus à chauffer qu'une maison avec une simple hauteur sous plafond à 2,50 m, soit une consommation d'environ 1/3 de plus au niveau chauffage.

Cet aménagement nécessite une isolation **sous rampants**, qui consiste à poser l'isolant le long de la pente du toit. Garder les poutres apparentes et la sensation d'espace sont souvent les raisons énoncées mais objectivement parlant, ce sont bien ses seuls avantages. En effet, le mouvement naturel de l'air chaud qui monte entraîne une **déperdition énergétique importante**, et incite à **surchauffer** pour garder une sensation de confort dans le bas des pièces. Cela revient à chauffer inutilement le plafond, à l'heure où le prix des énergies ne font que grimper.

SIMPLE HAUTEUR

Une **simple hauteur sous plafond**, en plus d'apporter une atmosphère chaleureuse et intimiste, permet de **limiter ses dépenses énergétiques**.



Le **confort thermique** est également **amélioré** : l'hiver, la chaleur est distribuée plus rapidement dans les pièces, tandis que l'été, la ventilation naturelle sous la couverture évite les surchauffes (l'espace disponible entre l'isolant et la couverture fait office de tampon).

Cela revient donc à **isoler en combles perdus**, en créant un plancher qui sert de support à l'isolant. En outre, cette technique est **plus simple** à mettre en oeuvre et **moins coûteuse** que l'isolation sous rampants ou mixte.

SOLUTION OPTIMALE

ISOLATION MIXTE

Lorsque la hauteur sous plafond est insuffisante sur les murs périphériques, une isolation **mixte** associant les deux techniques précédentes est possible. La partie sous rampants permet de **minimiser la perte d'espace** tandis que la création d'un plafond et d'une isolation en combles perdus **évite la montée de l'air chaud**.

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

RESSOURCES & BIBLIOGRAPHIE

RESSOURCES & BIBLIOGRAPHIE

Publications Pierre & Terre

La Construction de l'Ecocentre Pierre et Terre : Choix, conception, techniques, matériaux, équipements, prix…, Ecocentre Pierre & Terre, 2018

L'assainissement écologique : Toilettes sèches et filtres à broyat de bois, Ecocentre Pierre et Terre, 2023

Publications diverses : quelques références parmi les nombreux ouvrages de qualité qui existent sur le sujet…

La rénovation écologique, Pierre Levy, Editions Terre Vivante, 2011

La conception bioclimatique, Samuel Courgey et Jean-Pierre Oliva, Editions Terre Vivante, 2012

L'isolation thermique écologique, Jean-Pierre Oliva et Samuel Courgey, Editions Terre Vivante, 2011

Matériaux écologiques d'intérieur : Aménagement, finition, décoration, Jean-Claude Mengoni et Manu Mengoni, Editions Terre Vivante, 2010

Enduits de terre crue, Sylvain Moréteau, Editions Terre Vivante, 2012

Modifier, créer des ouvertures, Pierre Thiébaut, Editions Eyrolles, 2007

Choisir une énergie renouvelable adaptée à sa maison, Brigitte Vu, Editions Eyrolles, 2008

Ressources en ligne Pierre & Terre

Retrouvez sur notre site internet de nombreuses informations et ressources en téléchargement gratuit !

Quelques exemples de fiches techniques disponibles sur www.pierreetterre.org :

Sol

Isolant liège
Isolant chaux chanvre
Isolant chaux pouzzolane – milieu humide
Isolant chaux pouzzolane – milieu sec

Mur

Isolation par l'extérieur – fibre de bois et enduits
Isolation par l'extérieur – bloc de chanvre et enduits
Isolation par l'extérieur – laine de bois ou de chanvre et bardage
Isolation répartie – monomur
Isolation répartie – béton cellulaire
Isolation répartie – béton de chanvre – neuf
Isolation répartie – béton de chanvre – rénovation
Isolation répartie – terre paille
Ossature bois – paille et enduits
Ossature bois – paille et bardage
Ossature bois – ouate de cellulose

Toiture

Isolation insufflée – ouate de cellulose
Isolation en panneau – laine de bois ou de chanvre
Isolation entre chevrons – paille

Et bien d'autres…

Ecocentre Pierre et Terre - www.pierreetterre.org

Les missions de l'écocentre Pierre & Terre

Informer **Animer/Former** **Accompagner**

AUTEUR : **Écocentre Pierre et Terre**
OUVRAGE COLLECTIF : **Anaïs Chesneau, Rachel Mark, Fanny Mignolet, Marie Chavanne, Christophe Merotto et Paul Cottavoz**
MISE EN PAGE : **Anaïs Chesneau, Rachel Mark, Fanny Mignolet et Marie Chavanne**
Nous remercions chaleureusement Perrine Vrielynck, Elisabeth Sherpa, Dominique Brun, Odile Janin, Stéphane Granier et Véronique Tirbois qui ont consacré du temps à la relecture de l'ouvrage
IMPRESSION : **Artip Communication** (Auch) - Imprimé avec des encres végétales sur papier recyclé
CRÉDITS PHOTOS : **Écocentre Pierre & Terre et J-J. Abadie** (couverture)
Aucun texte ou image ne peut être reproduit sans l'autorisation de l'écocentre Pierre & Terre.
Malgré tout le soin apporté à l'élaboration de ce guide, nous ne pouvons être tenus responsables d'éventuels problèmes résultant de l'application des informations publiées.

Sauf exception signalée, ce document et l'ensemble des textes et des illustrations originales qu'il contient sont publiés par l'Ecocentre Pierre et Terre sous la licence CC BY-NC-SA 4.0 (Creative Commons, Attribution, Pas d'utilisation commerciale, Partage dans les mêmes conditions).

CONTACT : **Écocentre Pierre & Terre - Route de St Mont - 32400 RISCLE**
Tél. : 05 62 69 89 28 - Courriel : pierreetterre.habitat@orange.fr
Site web : www.pierreetterre.org
Version n°4 - Juin 2023