



Sa **distribution est symétrique** par rapport à une entrée principale. Sa façade principale est sur rue ou légèrement en recul de la voie avec un jardin d'agrément. Elle comporte généralement **2 niveaux habités** et un grenier ventilé.

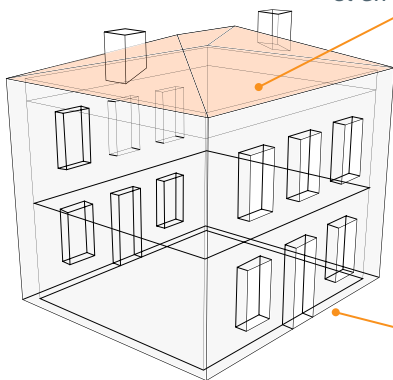
Sa toiture est souvent à **quatre pans** mais peut parfois en présenter deux.

Les façades en galets sont régulièrement enduites mais laissent parfois apparaître des motifs de mise en œuvre variés.

1 IDENTIFIER SON BÂTIMENT

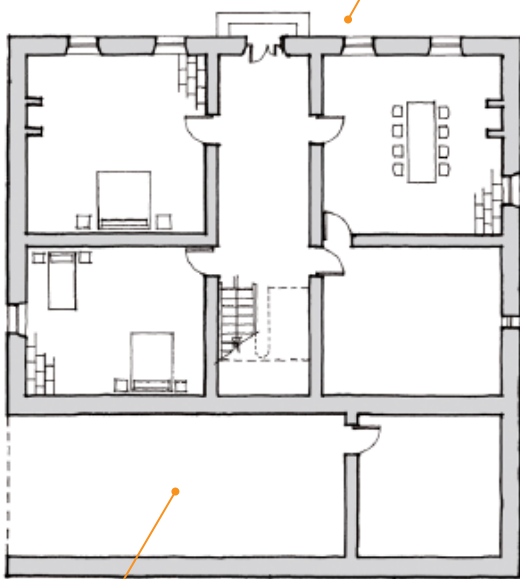
LA DISPOSITION

Généralement deux niveaux et un grenier ventilé



Symétrie des ouvertures par rapport à l'entrée

Jardin d'agrément devant la façade principale ou alignée sur la rue



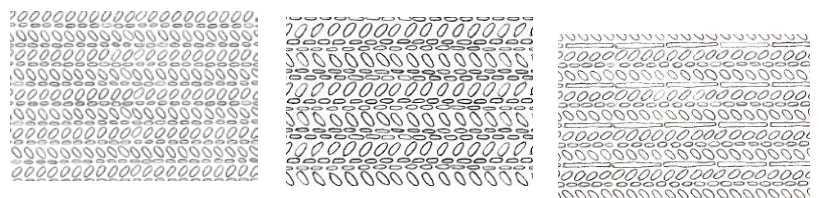
Dépendances en contact direct ou déporté par rapport au bâtiment principal

LES MATÉRIAUX



LES PRINCIPES CONSTRUCTIFS

Le galet est rarement utilisé seul sur un bâtiment. Il est fréquemment associé à d'autres matériaux comme la brique foraine ou l'adobe. Les motifs de mise en œuvre varient sur le territoire.



Certains termes utilisés dans cette fiche sont définis dans le glossaire en fin de document

2 | TRAITER LES ALTÉRATIONS

ALTÉRATIONS DES JOINTS, MORTIERS ET MATÉRIAUX ASSOCIÉS



Effets : Disparition du mortier et **perte de contact** entre les éléments, perte d'épaisseur des matériaux associés.

Causes : Présence de **remontées capillaires** et d'humidité. Accumulation d'humidité dans le matériau le plus perméable (galets très peu perméables). Présence de rejaillissement en cas de sol imperméable.



Comment agir ?



Limiter l'accumulation d'humidité en traitant les remontées capillaires (voir fiche C). Réduire les surfaces imperméables à proximité. Protéger la façade avec un enduit.



DÉGRADATION DES CHARPENTES ET COUVERTURES



Effets : **Diminution** de la résistance mécanique de la charpente et d'étanchéité de la couverture, **déformation** de la structure.

Causes possibles : Présence d'**insectes xylophages** et défauts d'entretien provoquant la présence d'humidité excessive.



Comment agir ?



Faire appel à un professionnel pour remplacer les pièces dégradées, remettre en place l'étanchéité de la toiture.



3 | ÉVALUER LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE DE MON BÂTIMENT

LES POINTS FORTS

La **présence du grenier ventilé** sur le bâtiment principal, en servant d'espace tampon, **atténue les surchauffes en été**.

L'**inertie thermique**, élevée grâce aux parois lourdes présentes, permet de stocker de la chaleur en journée l'été et de la diffuser au cours de la nuit. Associée au grenier ventilé, elle permet de réduire l'**inconfort estival**.

Attention tout de même à bien fermer les volets durant la journée pour limiter les apports solaires et à ouvrir les fenêtres la nuit pour évacuer la chaleur.

L'**orientation du bâtiment**, lorsqu'elle n'est pas soumise à l'alignement de rue, est **favorable** aux apports solaires en hiver.

LES POINTS SENSIBLES

Les parois lourdes en galets nécessitent un temps et une énergie importants pour être chauffées.

L'**absence de grenier ventilé** sur les dépendances en contact avec le bâtiment principal peut générer des surchauffes estivales.

BILAN

En été, le bâtiment principal est frais et confortable. La partie accolée, correspondant aux anciennes dépendances peut souffrir toutefois de **surchauffes**.

En hiver, les parois lourdes nécessitent une énergie élevée pour être chauffées.

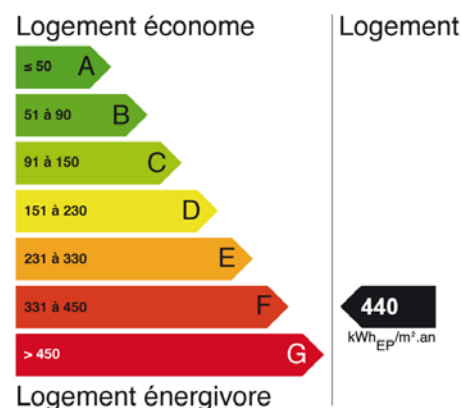
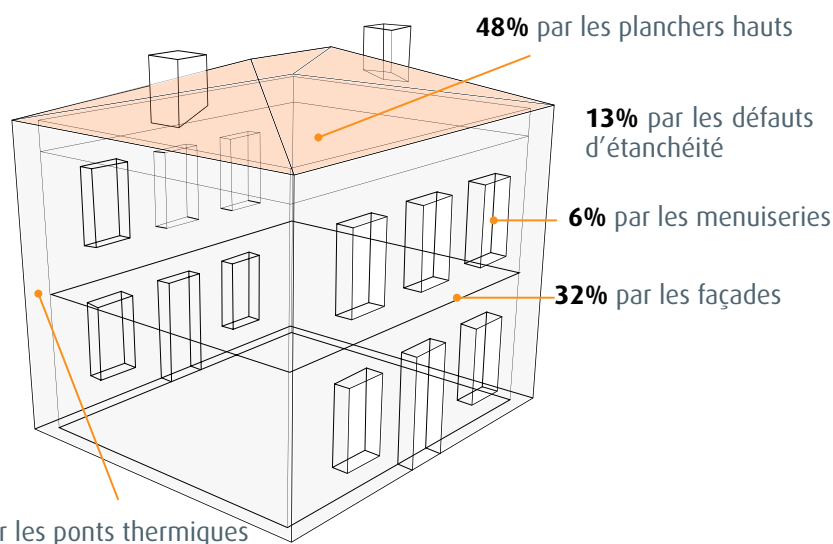
RÉPARTITION DES DÉPERDITIONS THERMIQUES^{**}

^{*} D'après une modélisation sur un cas particulier de maison carrée en galets

Suivant la méthode DPE avec une chaudière gaz standard pour le chauffage et l'Eau Chaude Sanitaire, cette maison obtient une **étiquette énergie F**.

Le poste de déperditions le plus important dans la maison carrée en galets est les **planchers hauts (48%)**. Les parois verticales présentent aussi des déperditions élevées (32%).

Attention, des écarts importants sont constatés sur les besoins de chauffage entre méthode DPE et simulation thermique dynamique. L'étiquette énergie surestime les besoins de chauffage par rapport à la simulation thermique dynamique.



4 COMPARER DIFFÉRENTES STRATÉGIES DE RÉHABILITATION

Dans son état avant réhabilitation, la maison carrée en galets a déjà subi des modifications : les **dépendances** installées à l'arrière du bâtiment principal ont été aménagées en cuisine, salle de bain et cellier.

Les parois du rez-de-chaussée ont été doublées avec des briques plâtrières et une lame d'air. Le bâtiment présente un **grenier ventilé** sur la partie principale uniquement. Le plancher est sur terre-plein.

Le garage, accolé, ne sera pas aménagé et conservera sa fonction.

Deux stratégies sont proposées dans l'objectif d'améliorer la performance énergétique. Elles se distinguent par des choix d'interventions techniques différents mais toujours compatibles avec les techniques et matériaux traditionnels du bâtiment réhabilité. Les principales différences portent sur l'isolation thermique des parois et le traitement des menuiseries (portes et fenêtres).

Un phasage des travaux est proposé de façon à ce que la réalisation chronologique permette une amélioration thermique à chacune des étapes.

Si le bâtiment est protégé, les travaux impactant la façade extérieure du bâtiment (menuiseries, parois) doivent être validés par l'Architecte des Bâtiments de France.

Stratégie n°1

La stratégie 1 proposée a pour objectif une **amélioration énergétique** très élevée. Elle est découpée en différentes étapes dont la réalisation chronologique permet une amélioration thermique à chaque étape.

Stratégie n°2

La stratégie 2 proposée a pour objectif principal une **amélioration de la performance énergétique** du bâtiment **sans provoquer de désordres** liés à l'incompatibilité des techniques ou des matériaux et sans impacter la **valeur architecturale** du bâtiment. Elle est découpée en différentes étapes dont la réalisation chronologique permet une amélioration thermique à chaque étape.

Les travaux par ordre logique d'intervention

ÉTAPE 1 Isolation des planchers hauts donnant sur le grenier ventilé et de la toiture (hors garage)

Toiture (partie dépendance) : Isolation par l'intérieur sous rampants avec un écran de sous toiture, un isolant capillaire ($R \geq 6 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$) et un pare-vapeur hygrovariable ($S_d < 18 \text{ m}$).

Planchers hauts (partie bâtiment principal) : Isolation par le dessus, un isolant capillaire ($R \geq 7 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$) et un pare-vapeur hygrovariable ($S_d < 18 \text{ m}$).

Il est indispensable de mettre en œuvre un frein-vapeur hygrovariable côté chauffé pour une bonne gestion de l'humidité dans les parois et planchers

ÉTAPE 2 Traitement des parois verticales donnant sur l'extérieur et des fenêtres et mise en place d'une ventilation mécanique

Murs extérieurs : Mise en œuvre de matériaux perméables à la vapeur d'eau (enduit à base de chaux) côté extérieur, Isolation thermique par l'intérieur (sur une ossature) avec un isolant hygroscopique ($R \geq 3,7 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$), et un frein-vapeur à fort S_d ($S_d > 18 \text{ m}$) côté intérieur.

Fenêtres : Remplacement par menuiseries avec châssis en bois, double vitrage, maintien des contrevents existants.

Porte d'entrée : Remplacement par menuiserie avec un châssis en bois et âme isolante.

Installation d'une **VMC** simple-flux.

Murs extérieurs : Mise en œuvre de correction thermique extérieure par un enduit perspirant type chaux-chanvre.

Fenêtres et portes : Conservation des menuiseries existantes, calfeutrement et reprise des liaisons avec les parois, rejointoiement au niveau des vitrages, maintien des contrevents existants.

Cloisons entre garage et cellier/cuisine : Isolation thermique par l'intérieur (sur une ossature) avec un isolant hygroscopique ($R \geq 3,7 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$), et un frein-vapeur à fort S_d ($S_d > 18 \text{ m}$).

Installation d'une **VMC** simple-flux.

ÉTAPE 3 Traitement du plancher bas

Plancher bas sur terre-plein : Rejointoiement, reprises ponctuelles et colmatage des trous

L'isolation du plancher bas sur terre-plein n'a pas été considérée. En ce qui concerne la réduction des déperditions de chaleur, son effet est moindre mais son coût est élevé.

Évaluation des résultats

Performances

65% de réduction des besoins de chauffage*

Réduction de la sensation de paroi froide.
Réduction des surchauffes estivales

* Résultats obtenus pour la réalisation de l'ensemble des étapes d'après une modélisation d'un cas particulier de maison carrée en galets

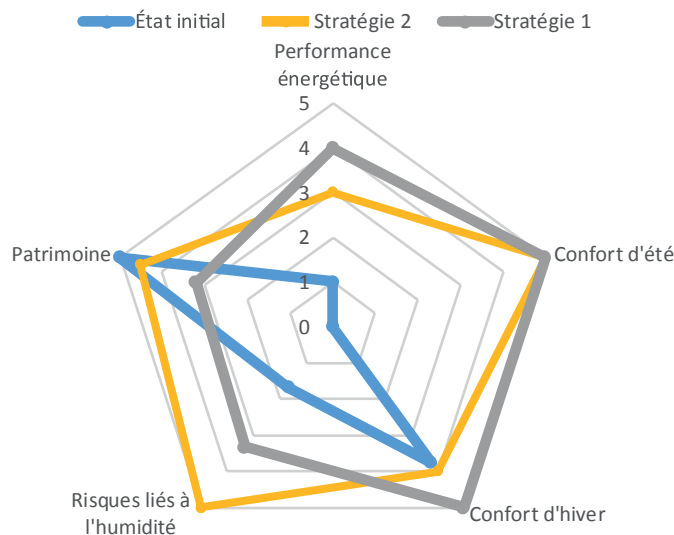
50% de réduction des besoins de chauffage*

Diminution des risques liés à l'humidité
Forte préservation de la valeur patrimoniale

* Résultats obtenus pour la réalisation de l'ensemble des étapes d'après une modélisation d'un cas particulier de maison carrée en galets

Évaluation multicritères des stratégies de rénovation

(sur le radar, les cotations croissantes correspondent à une amélioration de la performances, selon le critère concerné)



Coût indicatif

260€HT/m²SHAB* fourniture et pose par un professionnel hors aide. Attention à la variabilité des prix.

200€HT/m²SHAB* fourniture et pose par un professionnel hors aide. Attention à la variabilité des prix.

* Chiffrage basé sur les sites batiprix, batichiffrage et sur l'Observatoire des coûts de la rénovation énergétique sur un cas particulier de maison carrée en galets

BILAN

Les deux stratégies permettent un gain énergétique considérable et une amélioration importante du confort estival. La stratégie 1 est celle qui réduit au maximum les consommations de chauffage et qui améliore le plus le confort d'hiver mais le risque de dégradation lié à l'humidité est légèrement plus important et elle peut entraîner une perte du caractère architectural du bâtiment.

■ GLOSSAIRE

Adobe	Argile et sables qui, mélangés d'eau et d'une faible quantité de paille hachée ou d'une autre fibre, peut être façonnée en briques séchées au soleil
Capillarité	La capillarité d'un matériau traduit sa capacité à permettre le déplacement de l'eau en son sein, elle dépend de la porosité du matériau. Le bois, dans le sens des fibres est très capillaire, alors que le béton l'est très peu.
Frein-vapeur	Terme utilisé pour qualifier un pare-vapeur ne s'opposant que faiblement à la diffusion de vapeur d'eau. Si ce terme, récent, est toujours en attente d'une définition spécifique, les spécialistes l'utilisent généralement pour des matériaux ayant un Sd compris entre 1,5 et 5 m.
Isolant capillaire	Un isolant capillaire est un matériau caractérisé à la fois par une résistance thermique importante, et constitué de capillaires (petits canaux tubulaires, de la largeur d'un cheveu, d'où son nom) formant un réseau très ramifié reliant entre elles les petites cavités internes au matériau, et lui donnant ainsi son caractère de plus ou moins grande porosité.
Matériau hygroscopique	Un matériau est dit hygroscopique s'il peut fixer une quantité mesurable d'humidité de l'air environnant. Plus les pores d'un matériau sont petits et plus il sera hygroscopique. Ces matériaux absorbent l'humidité intérieure et peuvent ensuite l'évacuer.
Pare-vapeur hygrovariable	Membrane ayant un comportement à la (diffusion de) vapeur d'eau évoluant selon le taux d'humidité relative de l'air. Elle est généralement plutôt fermée en hiver, pour empêcher la vapeur d'eau d'entrer dans la paroi, et ouverte en été, pour lui permettre de sécher côté intérieur. Cette membrane possède un Sd variable. (ex : $0,25 < Sd < 10m$).
Perméabilité à la diffusion de vapeur d'eau	Capacité d'un matériau à se laisser traverser par la vapeur d'eau, notée μ (μ). Plus cette valeur est faible et plus le matériau laissera passer facilement la vapeur d'eau.
Perspirant	Terme médical renseignant le comportement de la peau, il est utilisé aussi pour qualifier les matériaux ou parois très ouverts à la (diffusion de) vapeur d'eau.
Résistance Thermique Surfaccique R	La résistance thermique surfaccique de conduction d'un élément exprime sa résistance au passage d'un flux de conduction thermique à travers une surface élémentaire. Cette résistance s'applique aux solides ainsi qu'aux fluides (liquide ou gaz) immobiles. Dans le Système international d'unités, elle est donnée en kelvin par watt ($m^2.K/W$) ou ($m^2.^{\circ}C/W$). Plus la valeur de la résistance thermique d'un matériau ou d'une paroi est élevée, plus cet élément est isolant.
Remontées capillaires	Migration permanente d'eau depuis le sol jusque dans les murs ou les planchers bas. Les remontées capillaires se manifestent par des taches d'humidité, d'efflorescences et peuvent provoquer le décollage des revêtements, le cloquage des enduits, le creusement des joints... Seuls les murs construits avec des matériaux poreux sont sujets aux remontées capillaires (ex : les pierres tendres, la brique, etc.).

Sd La valeur Sd, la résistance à la diffusion de vapeur, désigne l'épaisseur de la couche d'air équivalente à la diffusion (en mètres). La valeur Sd se calcule de la manière suivante :

$Sd = \mu \times d$ (m) dans laquelle :

- d est l'épaisseur du matériau exprimée en mètres

- μ (mu), est le coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau ; grandeur sans dimension, elle détermine la perméabilité d'un matériau à la vapeur d'eau : plus μ est élevé, plus la résistance est grande. Une valeur inférieure à 10 correspond à une bonne diffusion de la vapeur d'eau ($\mu(\text{air}) = 1$; $1 < \mu(\text{laine minérale}) < 2$; $6 < \mu(\text{laine minérale}) < 10$; $\mu(\text{marbre}) = \text{infini}$).

SHAB La surface habitable (ou SHAB) est la surface de plancher construite après déduction des marches et cages d'escaliers, gaines et des embrasures de portes et de fenêtres. Pour déterminer la SHAB d'un logement, il n'est pas tenu compte de la superficie des combles non aménagés, caves, sous-sols, remises, garages, terrasses, loggias, balcons, séchoirs extérieurs au logement, vérandas, volumes vitrés prévus à l'article R. 111-10, locaux communs et autres dépendances des logements, ni des parties de locaux d'une hauteur inférieure à 1,80 mètre.

Cet ensemble de documents a été réalisé sous l'impulsion de la DDT82 et de la DREAL Occitanie et soutenu par les ministères chargés du développement durable, des transports et de l'urbanisme.

Ce travail a été relu par la DDT82, la DREAL Occitanie, Envirobat d'Occitanie divers CAUE et EIE d'Occitanie



Maîtrise d'ouvrage : DREAL Occitanie

Cité administrative
2 Bd Armand Duportal
BP 80002
31074 TOULOUSE CEDEX 09

Anne FAURÉ - anne.faure@developpement-durable.gouv.fr

Maîtrise d'oeuvre : Cerema

Rue Pierre Ramond
CS 60013

33166 ST-MEDARD-EN-JALLES CEDEX
Emma STEPHAN - emma.stephan@cerema.fr

