

FONDATEMENTS EN PIERRE SÈCHE POUR LE BÂTI EN STRUCTURE BOIS

Inventaire & analyse



Table des matières

Le programme Laubapro	3
Fondations en pierre sèche	5
Exemples de fondations en pierre sèche	5
Maison d'habitation, Laboule.....	5
Maison d'habitation, Bonac-Irazein.....	9
Chèvrerie, Le Port.....	13
Maison d'habitation, St Étienne de Crossey.....	19
Grange traditionnelle, Espédaillac.....	23
Grange rénovée, Quissac.....	27
Toilettes sèches, Gréalou.....	31
Hameau d'alpage, Sainte-Foy Tarentaise.....	35
Scierie, Le Loissel, Villaroger.....	39
Chalets d'alpage, Manigod.....	43
Conclusions et perspectives	50
Remerciements	51

Laubapro

DÉVELOPPER ET CONSOLIDER LES FILIÈRES DES LAUZIERES ET BÂTISSEURS PROFESSIONNELS

Laubapro est un programme de développement né d'un travail collaboratif réunissant artisans, associations, élus et institutions pour répondre aux besoins des territoires et des filières professionnelles de la lauze et de la pierre sèche. Il est soutenu par le Fonds National d'Aménagement et de Développement du Territoire (FNADT).

Poursuivant la dynamique initiée par le projet Laubamac (2016-2019) sur les filières de la lauze et de la pierre sèche à l'échelle du Massif Central, les actions menées au sein de Laubapro s'appuient sur un solide réseau partenarial en perpétuel développement.



13 actions concrètes sont portées par 10 partenaires répartis sur le territoire du Massif Central et s'inscrivent dans une dynamique collaborative. Ces actions ont été retenues pour leur caractère innovant et leur capacité à inspirer d'autres acteurs aux niveaux local, régional et national afin de développer l'économie au sein des territoires.

Chaque porteur d'action bénéficie d'un financement pour mener à bien son action de janvier 2021 à décembre 2022. L'ensemble des actions est animé par une agente de développement recrutée spécifiquement pour le programme Laubapro.



Les objectifs du programme Laubapro :

- **Dynamiser** et **accompagner** la structuration des filières professionnelles de la lauze, de la pierre sèche et de l'approvisionnement en matériaux locaux en développant des complémentarités inter-filières dans le Massif Central.
- **Transmettre** le savoir-faire et **développer** l'économie à travers des projets concrets, répondant à des besoins repérés sur le terrain, utilisant des modèles économiques et des outils techniques innovants.
- **Promouvoir** les filières en réalisant un travail collaboratif sur plusieurs territoires d'expérimentation, unissant professionnels et techniciens, associations, scientifiques, élus et population locale.
- **Articuler** ce travail de développement avec des actions menées sur la filière pierre au sens large et au niveau inter-régional.

Les financeurs et soutiens de Laubapro :

- Le FNADT-CGET
- Les Régions Occitanie et Auvergne-Rhône-Alpes
- Les Départements de la Lozère, de l'Aveyron et du Tarn
- La CMA Occitanie / Pyrénées-Méditerranée
- Mine de Talent
- la Fédération Française des Professionnels de la Pierre Sèche

Les axes de travail du programme Laubapro :

- Approvisionnement et valorisation des ressources locales
- Recherche et développement
- Formation et qualification
- Développement du marché
- Coordination, communication et représentation

Pour en savoir plus sur Laubapro

Contactez Tsilia Poussin, animatrice Laubapro :
Association Artisans Bâtisseurs en Pierres Sèches

L'Espinas, 48160 Ventalon en Cévennes
07.81.34.12.75 / tsiliapoussin@abps.fr

Et retrouvez le programme sur les réseaux sociaux



Fondations en pierre sèche

INVENTAIRE ET ANALYSE DANS LE BÂTI EN STRUCTURE BOIS

Objectifs visés

Inventaire, état des lieux et analyse des systèmes constructifs de bâtiments en structure bois liés à des soubassements ou fondations en pierre sèche.

Ce projet de « recherche et développement » porté par l'association Gens des Pierres s'inscrit dans un projet global de recherche sur le comportement des constructions biosourcées sur soubassement ou fondation en pierre sèche. Nombreux sont les bâtisseurs en écoconstruction qui souhaitent pouvoir proposer une alternative aux fondations béton armé à leurs clients. Ces derniers sont en effet demandeurs de fondations compatibles avec une démarche compatible avec la filière biosourcée.

Ce travail d'inventaire et d'état des lieux est envisagé comme étude de faisabilité permettant d'alimenter la réflexion des scientifiques et d'étayer la pertinence d'une telle solution lors de la rédaction de réponses à des Appels À Projets de recherche régionaux ou nationaux.

L'association Gens des Pierres

Porteur du projet, Gens des Pierres est un collectif de bâtisseurs passionnés, basé en Ardèche. Soucieux de la conservation et de la revalorisation du patrimoine « pierre sèche », il œuvre à la promotion et au renouveau de ce savoir-faire ancestral.



L'association accompagne les particuliers, agriculteurs, collectivités qui souhaitent s'inscrire dans une dynamique locale et participer à la préservation de nos paysages.

Gens des Pierres porte des actions multiples :

- chantiers participatifs et aide à l'auto-construction,
- mise en relation avec des professionnels locaux qualifiés,
- chantiers de formation, stages (encadrement qualifié CQP),
- partenariats nationaux et internationaux au sein de la filière « pierre sèche ».

Le projet est mené par Charlie Imbert, étudiant à l'École Centrale de Lyon (visite de site, prise de notes, prises de vue et synthèse), Samuel Nemoz, BET Némóz études (visite de site, analyse technique) et Bertrand Masse, artisan charpentier et murailleur, membre de Gens des Pierres et co-dirigent de la SARL De Pierres et de Bois (visite de site), en partenariat avec la FFPPS. relecture par Eric Vincens, enseignant-chercheur à l'École Centrale de Lyon.



Pour en savoir plus sur Gens des Pierres

Contactez l'association :

Gens des Pierres - gensdespierres.fr

13, impasse des Bruges 07200 Ucel

06.26.63.30.38 / gensdespierres@gmail.com

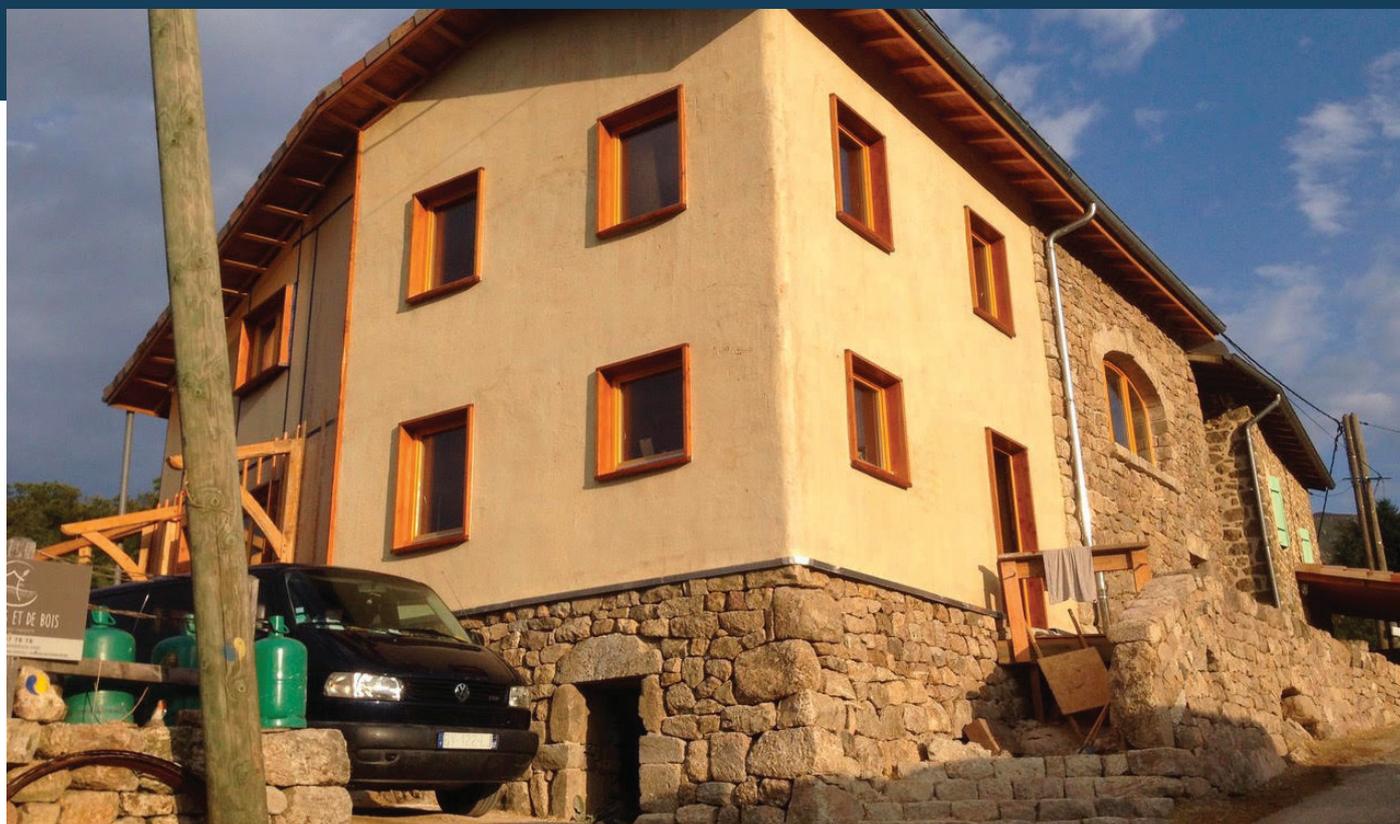
Et retrouvez son actualité sur les réseaux sociaux



EXEMPLE DE FONDATIONS EN PIERRE SÈCHE
DANS UN BÂTI EN STRUCTURE BOIS

Maison d'habitation

Laboule (07)



Situation géographique

Département : Ardèche

Adresse : Valousset, Laboule

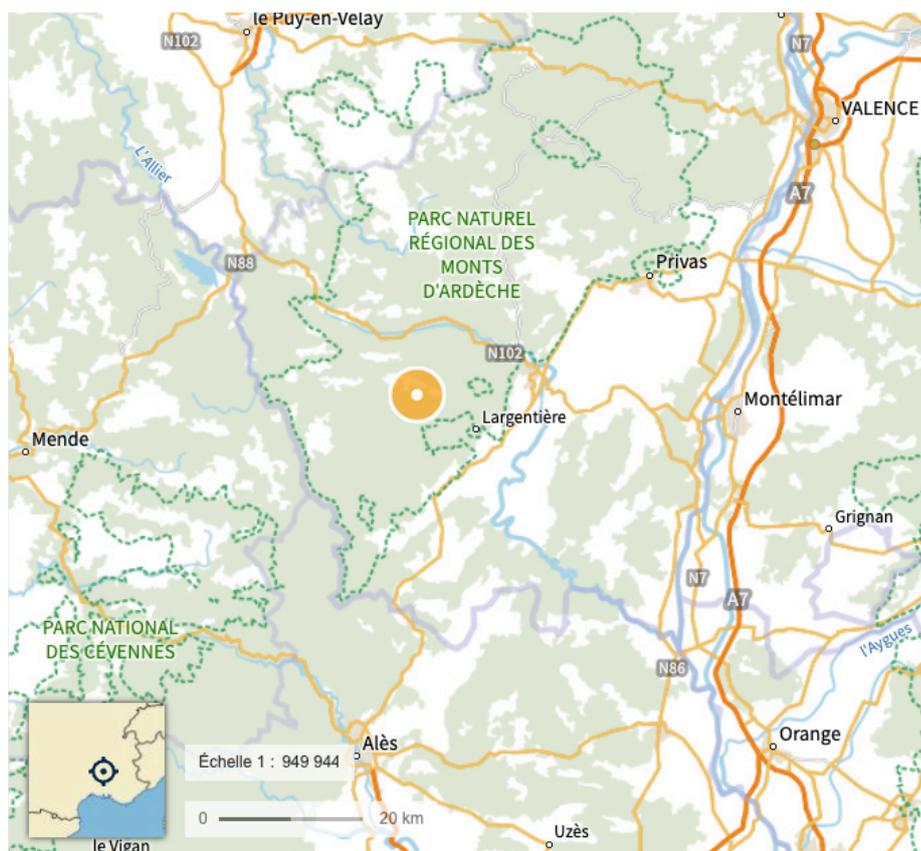
Altitude : 550 m

Géographie : Massif des Cévennes

Implantation : projet situé sur la ruine d'une ancienne construction en pierre dont une partie est toujours en place. Terrain avec une faible pente (terrassement par murs de soutènement en pierre sèche).

Sismicité : faible

Données cartographiques :
© IGN, Esri France



■ Relation avec le bati patrimonial local

Contexte : Ancien hameau (XVI^e siècle)

Présence de nombreuses constructions en pierre apparente sur le lieu-dit, ainsi que de murs de soutènement en pierre sèche (agriculture, châtaigneraie).

Date de construction : 2016

Crédit photo : David Bouldy



■ Description

Bâtiment :

Maison ravagée par un incendie il y a 80 ans puis abandonnée. Ne restaient que la cave, une partie des façades et un champ de pierres. Les pierres de l'ancienne construction ont été réemployées pour le soubassement de la maison ainsi que pour une partie de la façade.

Crédit photo : Charlie Imbert



Soubassement :

Réalisation d'un nouveau soubassement en pierre sèche avec les pierres de l'ancienne bâtisse par Loïc Vergier, artisan titulaire du Certificat de Qualification Professionnelle pierre sèche, et création d'un vide sanitaire. Utilisation des murs en maçonnerie préexistants, correspondant à une cave.

Les murs sont légèrement hourdés au mortier de chaux,. La technique constructive est celle liée à la pierre sèche avec un assemblage savant et blocage des pierres.

Les poteaux ne retombant pas sur le soubassement sont posés sur de grosses pierres isolées.

Crédit photo : David Bouldy

Interface :

Chaînage béton armé sur l'entière longueur du soubassement.

NB : à postériori, les artisans estiment qu'à la place du chaînage en béton armé, un simple enduit à la chaux aurait suffi à établir un niveau pour recevoir l'ossature en bois.

Pour l'interface poteau-pierre, les poteaux sont simplement posés sur les pierres, sans mortier ni fixation particulière.

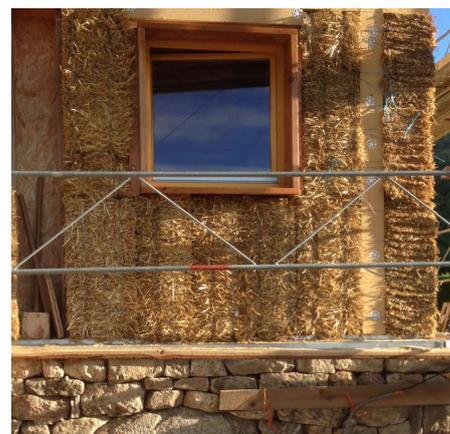


Structure :

Ossature bois, remplissage paille

La structure (partie visible en intérieur) est en châtaigner (local) et l'ossature en douglas.

On trouve également quelques poteaux en châtaigner à l'intérieur qui retombent sur des blocs de pierre indépendants du soubassement.



Crédit photos : David Bouldy

Nature du sol :

Reliefs cristallins des Monts du Haut-Vivarais. Pentas sur granites et gneiss - Sols peu à moyennement profonds (30-60 cm), souvent caillouteux et pierreux / alocrisol. Les soubassements sont directement en contact avec la roche mère (sisal).

Nature des pierres : Gneiss / Granit

Il serait logique que les pierres viennent d'un site d'extraction local or aujourd'hui on ne connaît aucune carrière extrayant (ou ayant extrait) ce type de pierre dans la région. Il semble cependant y avoir des traces d'extractions en bord de rivière non loin.

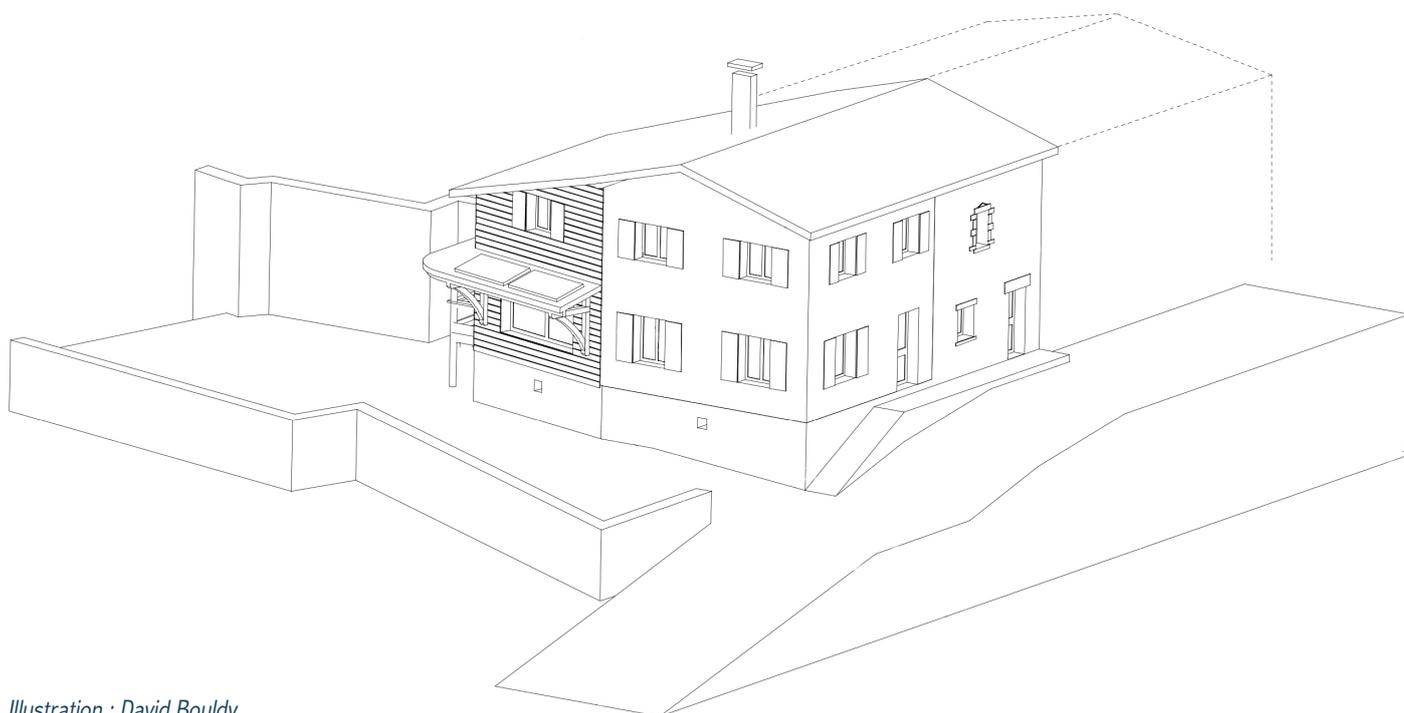


Illustration : David Bouldy

■ Analyse du fonctionnement mécanique

Charges appliquées au soubassement

• Descendantes :

- Charges gravitaires : poids propre, charges d'exploitation ou neige.
- Charges transmises linéairement par contact au niveau de la lisse basse des murs à ossature bois.

• Horizontales :

- Vent en façade.
- Charges transmises au chaînage en béton par le chevillage des lisses des murs à ossature bois. Il est possible qu'une partie des charges soient également transmises par frottement à cette interface.

■ **Murailleurs-bâtisseurs** : David Bouldy, Frédéric Merles, Loïc Vergier et Rodolphe Saint Quentin

EXEMPLE DE FONDATIONS EN PIERRE SÈCHE
DANS UN BÂTI EN STRUCTURE BOIS

Maison d'habitation

Bonac-Irazein (09)



Situation géographique

Département : Ariège

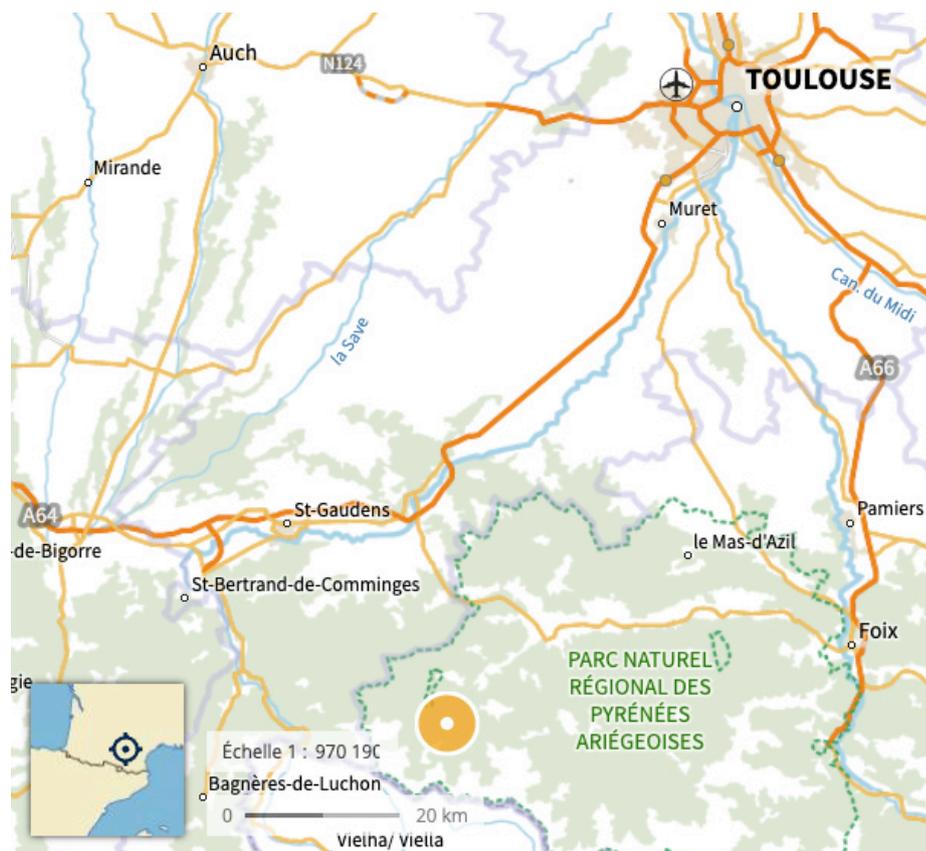
Adresse : Samiac, Bonac-Irazein

Altitude : 810 m

Géographie : Vallée du Biros, Pyrénées ariégeoises

Implantation : construction adossée à un bâti existant (extension) ; terrain en pente

Sismicité : moyenne



Données cartographiques :
© IGN, Esri France

■ Relation avec le bâti patrimonial local

Contexte : Bien que la pierre sèche ait été autrefois employée dans la région, elle ne semble pas avoir été associée à des ossatures bois : les murs étaient souvent entièrement en pierres, liées au mortier de chaux ou de terre.

On note tout de même de rares cas où l'on peut trouver des colombages (pans de bois garnis de torchis), notamment sur les pignons sud de certaines habitations.

Date de construction : 1883 pour la partie existante, 2017 pour l'extension.



Photos : Berthmale et Samortein. Dans « L'architecture rurale française, Midi toulousain et pyrénéen », Claude Rivals, 1979

■ Description



Le bâtiment :

Maison d'habitation réalisée en auto-construction partielle. Des artisans professionnels sont notamment intervenus pour la réalisation des soubassements en pierre sèche (Jacques Crissot, artisan diplômé du Certificat de Qualification Professionnelle pierre sèche), de la structure bois et de la couverture.

Le projet surplombe directement une maison en maçonnerie construite en 1883 et sera relié à celle-ci par un escalier traversant son pignon nord. Débuté en 2017, le chantier présente en 2021 sa structure et sa couverture achevées ainsi qu'une réalisation avancée de ses façades.

Crédit photo : Jacques Crissot

Structure :

Poteau-poutre en bois (douglas). Des fermes à jambes de force et avec entrants formant sommiers du plancher intermédiaire réalisent les trames de la structure principale. Elles sont stabilisées par des liens dans le sens transversal. Éléments bois sans traces apparentes d'attaque d'insectes xylophages ni de champignons.

Toiture

Chevrans porteurs de 36 cm d'épaisseur supportés par des pannes. Isolation par bottes de paille entre les chevrons. Finition en plafond par panneaux OSB peints. Couverture en ardoises avec barre d'arrêt de neige.

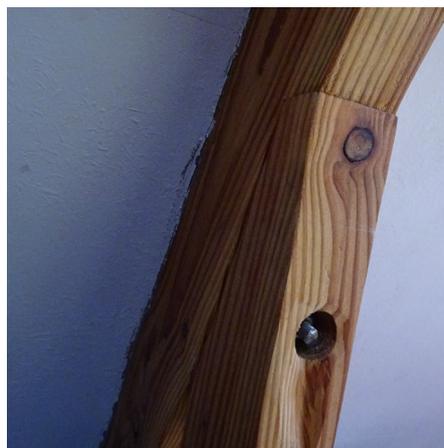
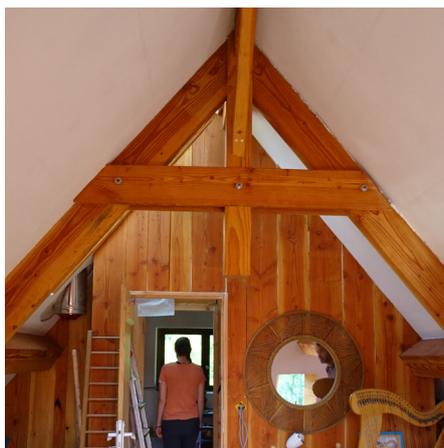
Murs

Ossature bois réalisée avec des montants recomposés de type échelle. Isolation en bottes de paille posées debout. Murs extérieurs enduits en terre issue du site et bardage bois vertical. Murs intérieurs en enduits terre ou plaques de plâtre.

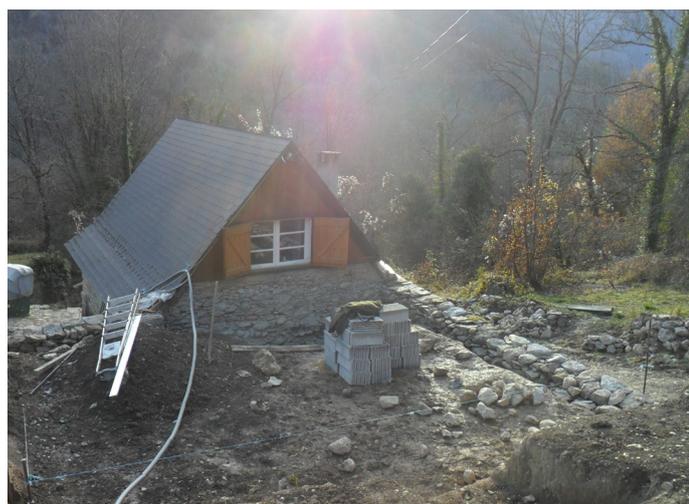
Planchers

À l'étage, le solivage en bois massif repose sur les murs pignons et l'entrait / sommier de la ferme. L'isolation du plancher est en chènevotte, la finition en parquet ou en carrelage dans la pièce d'eau.

Au-dessus du vide sanitaire le solivage en bois massif couvert de panneaux OSB repose sur les murs périphériques. L'isolation est réalisée avec de la ouate de cellulose en plancher courant et du liège sous les pièces d'eau.



Crédit photos : Samuel Némoz



Crédit photo : Jacques Crissot

Soubassement :

En pierre sèche sur la façade sud et le long du chemin. Le soubassement côté chemin présente une assise étagée pour s'adapter à la pente du site. Il mesure 80 cm d'épaisseur à la base et 40 cm en tête pour une hauteur hors du sol de 1,5 m maximum et 30 cm d'ancrage. Sur le sol non remanié, des pierres de plus grande dimension ont été posées en fond de fouille. Les murs en pierre sèche sont couronnés d'un chaînage en béton de chaux armé par de fins éléments en bois de châtaigner. Suivant les zones, deux rangs de blocs de béton, de ciment ou de pouzzolane ont été disposés pour le repos des murs à ossature bois et du plancher. Sur les autres zones, on trouve des fondations filantes de type cyclopéennes.

NB : Le mur de soubassement sud de la nouvelle maison est séparé par un joint de quelques centimètres avec le mur de la maison ancienne mais le surplombe directement. L'ancrage de sa fondation se situe à peu près au niveau du plancher intermédiaire de la maison en contrebas et donc au niveau de la partie supérieure du mur aval. Selon le maître d'ouvrage, le géotechnicien sollicité pour la réalisation des fondations du projet, avait préconisé pour ces ouvrages des micropieux de 6 m de profondeur. Noter que le mur en contrebas ne présente aucun signe de mouvement apparent alors que l'essentiel des charges permanentes de la nouvelle maison est appliqué.



Interface :

Les poteaux reposent sur des pieds de poteaux métalliques réglables fixés dans le soubassement. Les murs à ossature bois reposent sur le plancher ou sur des blocs de pierre ponce. Ils sont probablement liés à ces derniers par des tiges métalliques.

Crédit photos : Samuel Némoz

Nature du sol :

Substratum rocheux recouvert de sols superficiels colluvionnaires. En surface du terrain et sur plusieurs mètres d'épaisseur, les colluvions sont constitués de cailloutis et de blocs rocheux (0/500) emballés dans des sols argilo-limoneux. Ces colluvions peuvent contenir des blocs rocheux de plusieurs mètres cubes. Le substratum rocheux, formé de schistes carbonés, est situé à une profondeur inconnue.

Nature des pierres :

Calcaire / schiste (pierre du site)

■ Analyse du fonctionnement mécanique

Charges appliquées au soubassement

• Descendantes :

- Charges gravitaires : poids propre, charges d'exploitation ou neige.
- Charges transmises principalement ponctuellement par les pieds de poteaux de la structure principale et dans une moindre mesure linéairement par contact au niveau de la lisse d'implantation des murs.

• Horizontales :

- Vent en façades et poussée des terres sur le mur en soutènement
- Charges de vent transmises des murs bois au soubassement par le chevillage de la lisse basse. Il est possible qu'une part des charges soient également transmises par frottement à cette interface. Une partie des charges de vent est probablement également transmise en pied des poteaux bois aux points d'appuis ponctuels par frottement/chevillage.

Murailleurs-bâtisseurs : Jacques Crissot et Thomas Niay

EXEMPLE DE FONDATIONS EN PIERRE SÈCHE
DANS UN BÂTI EN STRUCTURE BOIS

Chèvrerie

Le Port (09)



Situation géographique

Département : Ariège

Adresse : La Plagne, Le Port

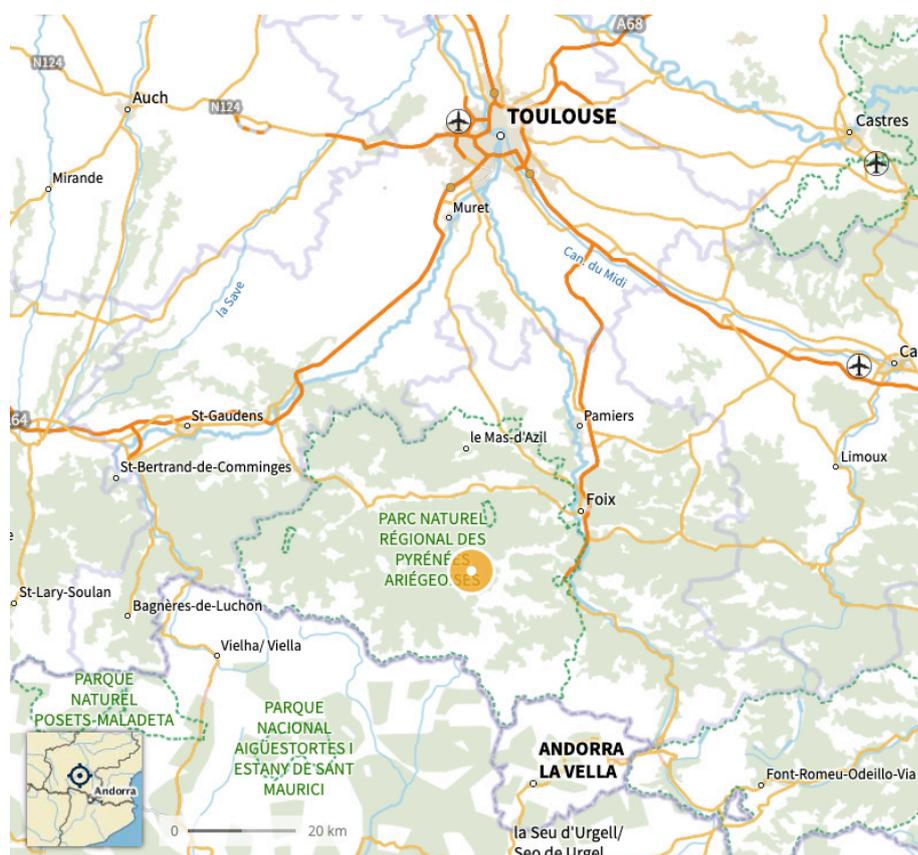
Altitude : 1140 m

Géographie : Couserans,
Pyrénées ariégeoises

Implantation : terrain
en pente aplani (mur de
soutènement pierre sèche)

Sismicité : faible

Données cartographiques :
© IGN, Esri France



■ Relation avec le bâti patrimonial local

Contexte : Bien que la pierre sèche ait été autrefois employée dans la région, elle ne semble pas avoir été associée à des ossatures bois : les murs étaient souvent entièrement en pierres, liées au mortier de chaux ou de terre.

On note tout de même de rares cas où l'on peut trouver des colombages (pans de bois garnis de torchis), notamment sur les pignons sud de certaines habitations.

Date de construction : 2017-2021



Photos : Berthmale et Samortain. Dans « L'architecture rurale française, Midi toulousain et pyrénéen », Claude Rivals, 1979

■ Description



Crédit photo : Samuel Némoz

Le bâtiment :

Destiné à une chèvrerie de production laitière, le projet a été réalisé en auto construction partielle. L'artisan, Jacques Crissot (Certificat de Qualification Professionnelle pierre sèche - CQP) a reçu l'aide d'autres muraillers pour la réalisation des ouvrages en pierre sèche. La charpente est conçue et réalisée par un charpentier, ami du maître d'ouvrage. Le chantier, d'accès relativement difficile par une piste, ne permet pas l'approvisionnement de pièces de bois de dimensions importantes.

Le maître d'ouvrage estime le coût des matériaux et des prestations payées à 100 000 euros pour un bâtiment de 400 m² de plancher. Ce budget ne comprend pas le temps passé par le maître d'ouvrage et les bénévoles sur le sciage et la réalisation des soubassements, charpente et façades, ni la fourniture des pierres et des grumes, issues du site et de ses alentours.

Structure :

Ossature bois en chêne et douglas. Le chêne (structure principale) est issu des forêts à proximité directe du chantier et a été scié avec une scie mobile par un scieur et le maître d'ouvrage. Le douglas (structure secondaire) est d'origine nationale et a été acheté. Les éléments en bois ne présentent pas de traces apparentes d'attaque d'insectes xylophages ni de champignons.

Charpente

La charpente est constituée de fermes à jambes de force et entrants retroussés, assemblés par embrèvements et moisages boulonnés. Elles sont stabilisées hors de leur plan par des liens de charpente assemblés aux pannes faitières et sablières formant des portiques. La largeur moyenne des trames est de 4,4 m et varie sensiblement sur la longueur du bâtiment.

NB : à l'été 2021, la charpente n'a pas supporté de chute de neige importante.



Crédit photo : Jaques Crissot



Plancher

Constitué d'un platelage, il est supporté par un solivage dense, qui repose lui-même sur les sommiers et le mur de soutènement. Selon le maître d'ouvrage, le plancher a été conçu pour supporter le passage d'un engin agricole de 3,5 t. Au moment de la visite il supportait en certains points 3 bottes de foin rondes (3 x 250 kg sur 1,2 x 1,2 m²) et un engin de 1,5 t.

Les sommiers en chêne sont des sections de 15 x 30 cm et les poteaux de 20 x 20 cm. Les portiques formés par les poteaux et les sommiers sont stabilisés dans leur plan par des aisseliers. La file centrale est dédoublée au-dessus des mangeoires des chèvres pour permettre leur alimentation en foin par le niveau supérieur. Les solives à l'aplomb des poteaux sont assemblées entre elles par traits de Jupiter, qui permettent la transmission d'efforts de traction entre les deux façades.

Crédit photos : Samuel Némoz

Suite à la déformation horizontale du mur de soutènement en un point et au désaplomb de la structure en décollant, des liens de charpente ont été ajoutés dans le plan des fermes avec pour objectif de rigidifier transversalement l'ensemble.

Couverture :

Tôle nervurée soutenue par des pannes déversées d'entraxe approximatif de 1,4 m. Présence de dispositifs d'arrêts de neige.



Soubassement / Fondations :

Terrassement

Le terrain en pente a été terrassé de manière à ce que les assises de l'ouvrage reposent sur le socle rocheux (de nature feuilletée et facilement creusable) présent à moins d'un mètre sous la terre végétale. Ce point est visible en différents endroits du site où des terrassements ont été réalisés. De nombreuses veines d'eau d'écoulement sont présentes dans le sol.

Crédit photo : Jaques Crissot

Mur de soutènement

Le mur, bâti en pierre sèche, mesure 150 cm d'épaisseur à la base et 80 cm en tête. Il est constitué de pierres de type schistes fortement litées et de blocs de granit de plus forte dimension, récupéré sur le site et dans ses alentours. L'appareillage des pierres est soigné. Le mur présente un bombement sur la partie nord possiblement causé par les charges liées aux passages des engins sur le terrain soutenu. Une rigole de drainage a été taillée dans le socle rocheux en amont de l'assise du mur.



Mur de soubassement

Également bâti en pierre sèche, mesure 60 cm à la base et 50 cm en tête. Le mur repose sur le socle rocheux (quelques cm sous le niveau du sol de la bergerie), il présente un couronnement réalisé en pierres de grandes dimensions supportant les poteaux de la structure principale.

Crédit photos : Samuel Némoz



Laubapro - Tsilia Poussin - ABPS

L'Espinassat 48160 Ventalon en Cévennes
tsiliapoussin@abps.fr
07.81.34.12.75

Association Gens des Pierres

13 impasse des Bruges 07200 Ucel
gensdespierres@gmail.com
06.26.63.30.38

Rédacteurs :

Charlie Imbert, étudiant à l'EC - Lyon
Samuel Némoz, BET Némoz études

Soubassement en béton

Les murets de béton armé (30 x 100 x 55 cm de hauteur par rapport au sol fini) reposent eux-même sur une semelle de fondation (dimension 100 x 150 cm). Le béton armé a été préféré à la pierre sèche pour ces ouvrages pour sa robustesse aux chocs d'engins agricoles et son moindre encombrement par rapport à la pierre sèche pour ces zones de circulation.



Crédit photos : Samuel Némoz

Interface :



Crédit photo : Samuel Némoz

Nature du sol :

Le sol est de nature schisteuse avec différentes veines de schiste. Les fondations reposent sur la roche mère.

Nature des pierres :

Le mur en double parement est en schiste (pierres récupérées dans les alentours) et le mur de soutènement a une base en granit (pierres extraites à proximité du site).

Les poteaux de la chevrerie reposent coté mur double parement directement sur la pierre, et coté mur de soutènement sur une panne de bois. Par contre, au centre ils reposent sur des poteaux bétons.

Plancher / mur de soutènement

Lisse de chêne (section 8,5 x 20 cm) calée sur le mur et liaisonnée en certains points aux pierres de couronnement par des tiges filetées scellées ou des goujons d'ancrage. À la jonction des lisses un assemblage à mi-bois vissé est réalisé.

Poteaux / mur double-parement

Les poteaux sont simplement posés sur les pierres de couronnement. La trame des poteaux a été ajustée de manière à ce que les poteaux reposent au centre d'une pierre de couronnement. En certains points les pierres ont été taillées pour ajuster l'arase des points d'appuis.

Poteaux / soubassement en béton

Les poteaux intérieurs reposent simplement sur les murets de béton armé.

■ Analyse du fonctionnement mécanique

Charges appliquées au soubassement

• Descendantes :

- Charges gravitaires : poids propre, charges d'exploitation ou neige.
- Charges transmises linéairement par contact au niveau de la lisse d'implantation du plancher et ponctuellement au niveau des appuis des poteaux.

• Horizontales :

- Vent en façades et poussée des terres sur le mur en soutènement.
- Charges de vent transmises du plancher bois au mur de soutènement par le chevillage de la lisse aux pierres de couronnement. Il est possible qu'une part des charges soient également transmise par frottement à cette interface. Une partie des charges de vent est probablement également transmise en pied des poteaux bois aux pierres d'appuis par frottement.

■ **Murailleurs-bâtisseurs** : Jacques Crissot, Thomas Niay, Séverine Valverde et Eric Noulard

EXEMPLE DE FONDATIONS EN PIERRE SÈCHE
DANS UN BÂTI EN STRUCTURE BOIS

Maison d'habitation

St Étienne de Crossey (38)



Situation géographique

Département : Isère

Adresse : Tolvon, St Étienne de Crossey

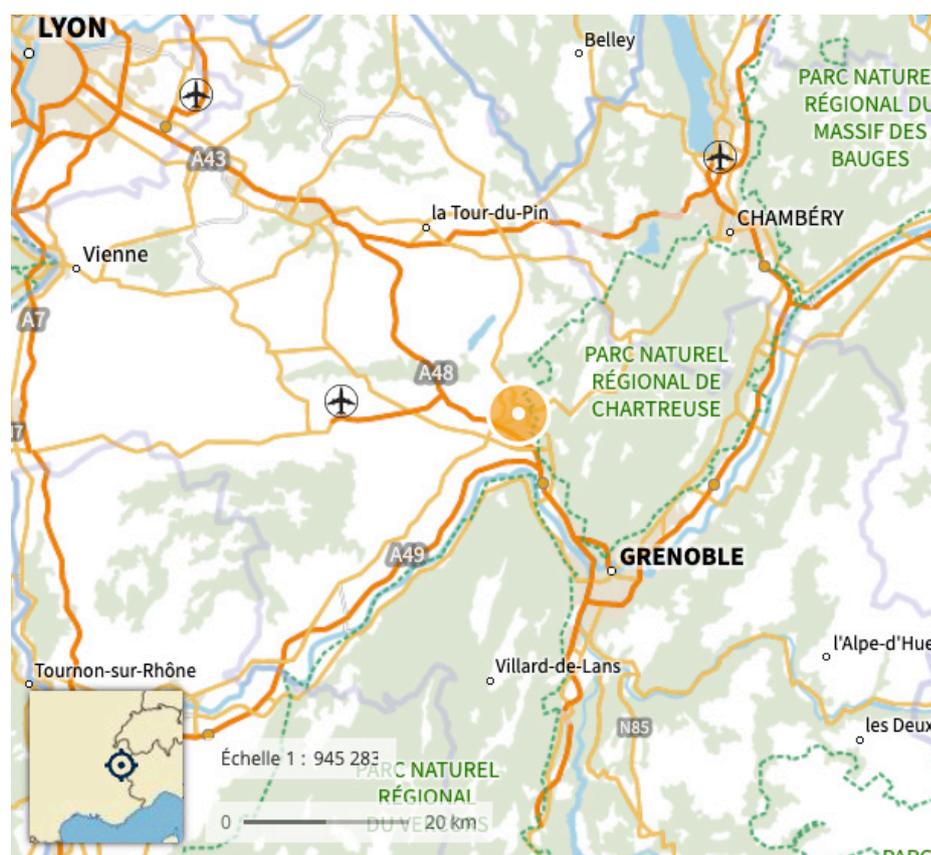
Altitude : 600 m

Géographie : Contreforts du massif de la Chartreuse

Implantation : terrain avec une faible pente aplani (mur de soutènement pierre sèche)

Sismicité : forte (zone indice 4)

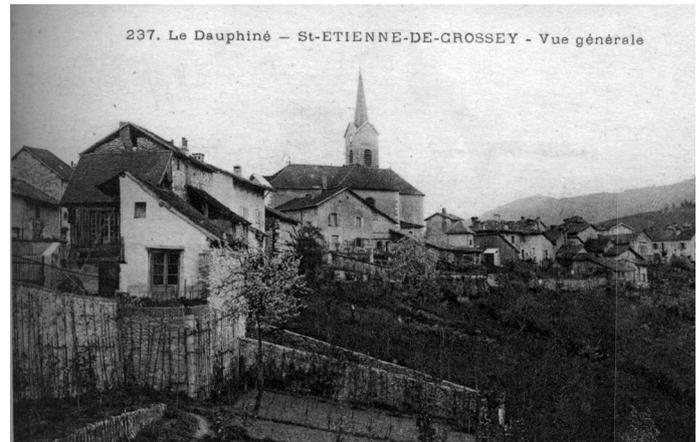
Données cartographiques :
© IGN, Esri France



■ Relation avec le bâti patrimonial local

Contexte : Construction contemporaine

Date de construction : 2021



Crédit photo : Auteur inconnu — Daniel Delattre, L'Isère, les 533 communes, Grandvilliers : Delattre, 2008

Description

Le bâtiment :

Réalisé par deux entreprises de la région : Les Murailleurs de la vallée (Sébastien CLOT) pour la partie pierre sèche, et l'entreprise ARPEGE (Gilles VICET) pour les travaux de charpente et murs ossature bois.

Le bâtiment, d'une trentaine de m², est destiné à la création d'un petit studio et d'une terrasse abritée à l'étage, et d'une zone de stockage au rez de chaussée.

Les soubassements en pierre sèche représentent la mise en œuvre de 70 t de pierre. Ils ont été réalisés par une équipe de quatre personnes pendant trois mois pour un coût total d'environ 53 000 euros TTC.

Pour la partie bois (ossature, charpente, couverture, isolation et toutes les finitions) le budget s'élève à 90 000 euros TTC.



Crédit photo : Bertrand Masse



Structure :

Ossature bois, solivage et charpente sont réalisés en pin douglas pour accueillir une isolation en laine de bois. Le contreventement mur-plancher-toiture est fait de panneaux de structure type Agepan.

Charpente

Elle est constituée en partie de fermes à jambes de force et entrants retroussés, assemblés par embrèvements et moisages boulonnés. La panne faîtière repose sur ces fermes et en partie nord sur les murs à ossature bois. Le chevron porteur repose sur les murs d'éégout ossature bois et sabots métalliques cloués au niveau de la panne faîtière.

Crédit photo : Bertrand Masse

Poteaux

En 18 x 18 cm coté terrasse, ils ne retombent pas sur le soubassement mais sont posés sur de grosses pierres du couronnement du mur de soutènement. Côté nord, deux poteaux en bois redescendent sur de grosses pierres isolées. Couverture en tuiles mécaniques sur litelage avec lame d'air.

Solivage du plancher

Faits de sections de 6 x 18 cm (d'une portée de 3 m), ils reposent sur des liernes fixées à des sommiers intermédiaires de section 12 x 24 cm. L'ensemble repose sur un chaînage posé et lié mécaniquement aux murs en pierre sèche.



Crédit photo : Bertrand Masse

Soubassement :



Crédit photo : Bertrand Masse

Mur de soutènement

En pierre sèche sur le côté sud de faible hauteur (60 cm), le couronnement taillé supporte la descente de charge de trois poteaux en bois.

Mur de soubassement

En pierre sèche d'une hauteur moyenne de 2,3 m sur un linéaire de 18 m, il présente une épaisseur à la base de 60 cm et de 45 cm en tête (fruit d'environ 5%). Il est constitué de deux types de roches : pierres calcaire d'Eyzahut et granite de la carrière Peyraud.

Appareillage

Réalisé en opus assisé, l'appareillage est très soigné avec des inclusions en opus incertum pour créer plus de lien et de contact entre les pierres. Ces murs ont été bâtis par des artisans titulaires de CQP2 et CQP3, ouvriers professionnels de la pierre sèche, garantissant la qualité et la pérennité des maçonneries réalisées.

Interface :

Plancher / mur de soubassement

Une lisse de douglas en bord extérieur des murs (sections de 8 x 15 cm) est calée sur le haut du mur (cale en bois) et liaisonnée en certains points à ces pierres de couronnement par des goujons d'ancrage.

Quatre platines métalliques (de 50 x 10 cm) sont prises en sandwich en partie basse des murs dans les angles intérieurs du soubassement. Des tiges métalliques déportées 20 mm de diamètre remontent se fixer par un écrou sur des équerres fixées par tirefond au solivage.



Crédit photos : Bertrand Masse

Poteaux / mur de soutènement

Les poteaux sont ancrés sur des pierres de couronnement (ou des pierres isolées) par des pieds métalliques fixés mécaniquement par des goujons d'ancrage. En certains points, les pierres ont été taillées pour ajuster l'arase des points d'appuis.

Nature du sol :

La butte de Tolvon est formée de molasse miocène avec affleurements de moraine glacière. Les fondations ont été creusées dans un mélange de terre argileuse fait de galets de calcaire et de gneiss.

Nature des pierres :

Mur de soutènement sud en pierres d'Eyzahut (26).

Le mur de soubassement est constitué de 2 types de roches : pierres calcaires d'Eyzahut et granite de la carrière Peyraud (07).

■ Analyse du fonctionnement mécanique

Charges appliquées au soubassement

• **Descendantes :**

- Charges gravitaires : poids propre, charges d'exploitation ou neige.
- Charges transmises linéairement et par contacts ponctuels au niveau des couronnements des murs en pierre. Les poteaux extérieurs transmettent également ces charges aux pierres de fondations auxquelles ils sont assemblés par des ferrures du commerce chevillées.

• **Horizontales :**

- Vent en façade et séisme éventuel.
- Charges de vent transmises du plancher bois intermédiaire au couronnement du soubassement chevillages et probablement également par frottement.

Rôle des tirants métalliques aux quatre coins du soubassement

Potentiellement soumis à des sollicitations importantes par des charges horizontales (séisme), les murs du premier étage peuvent être exposés à un basculement que ne stabilise pas le poids des ouvrages. Afin d'éviter ce basculement, les extrémités des murs sont solidement fixés en partie basse par des assemblages capables de reprendre des efforts de soulèvement. Les tirants, reliés à des platines métalliques insérées dans les murs en pierre sèche, semblent jouer le rôle d'ancrages du plancher au soubassement, notamment pour contrebalancer les efforts de soulèvement par le poids des murs en pierres.

Ces ancrages peuvent permettre de solidariser le niveau supérieur en bois à la masse du soubassement et éviter le basculement des murs en ossature bois.

■ **Murailleurs-bâtisseurs :** Jérôme Perrona, Laurent Macheffé, Axel Rhodain, Antoine Chastagner, Gabriel Bayle, Thomas Crozier et Sébastien Clot

Charpentier : Gilles Vicet - SARL Arpège

EXEMPLE DE FONDATIONS EN PIERRE SÈCHE
DANS UN BÂTI EN STRUCTURE BOIS

Grange traditionnelle

Espédaillac (46)



Situation géographique

Département : Lot (46)

Adresse : Mas d'Ourgnaguel,
Espédaillac

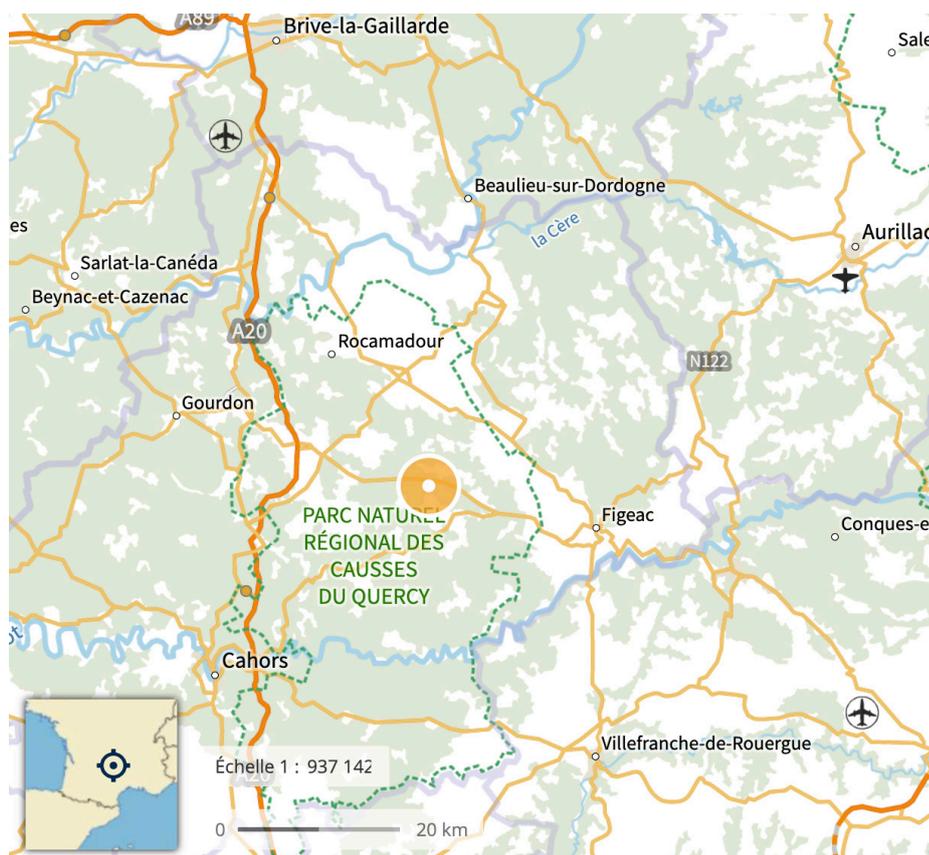
Altitude : 324 m

Géographie : Causses du Quercy

Implantation : RAS

Sismicité : très faible

Données cartographiques :
© IGN, Esri France



■ Relation avec le bati patrimonial local

Contexte : La charpente « à cruck » est une architecture traditionnelle du Lot dont les dates de construction remontent de la fin du Moyen-Age au XVIIIe siècle. Ce sont en règle générale des bâtiments modestes (comme à Saint-Michel-de-Cours).

Ce site a la particularité de posséder des murs en pierre sèche contrairement à la plupart des cruck encore existants aujourd'hui.

Date de construction : Fronton daté de 1792 mais le reste du bâti est probablement plus ancien.

Crédit photo : Grange - étable de Saint-Michel de Cours - Charlie Imbert



■ Description

Le bâtiment :

Bergerie traditionnelle non restaurée. Les murs latéraux, en pierre sèche, supportent une charpente particulière sans points d'appuis intermédiaires, permettant une utilisation optimale du volume.

Structure :



Crédit photos : Vincent Caussanel & Bertrand Masse



Charpente en bois traditionnelle (chêne / châtaigner) de type « cruck » constituée de chevrons. Ces derniers forment des fermes, ou des alternances de fermes et de couples de chevrons assemblés sur la panne faîtière. Les fermes sont constituées d'arbalétriers généralement courbes, reliés en faîtage par une pièce assemblée à mi-bois (le joug) et appuyés à l'intérieur des murs légèrement au-dessus du niveau de sol intérieur. Les pannes sablières disposées sur les murs périphériques du côté intérieur sont solidarisées avec les arbalétriers par des goussets chevillés.

Le poids des lauzes permet vraisemblablement de solidariser ces éléments par frottement.

Enfin, les pannes intermédiaires sont disposées directement sur les arbalétriers, si leur courbure le permet, et sont maintenues par des échantignolles. En certains points, des cales viennent soutenir ces pannes pour former un versant plan.

NB : L'absence de contreventement transversal amène parfois ce type de charpente à déverser. Dans leur fonctionnement originel les bas de pente en lauzes constituaient un pseudo encastrement bloquant le basculement des fermes en leur pied.

Certains éléments bois sont fortement dégradés, probablement après des phases d'humidification résultant du manque d'entretien des couvertures.

Initialement la couverture de cette grange était réalisée en chaume (imposant la pente des toitures) avec les bas de pente en lauzes. Ce changement de matériau de couverture est probablement la cause du changement de pente des toitures au niveau des murs. Les lauzes en bas de pente avaient sûrement pour rôle de lester les bas de pente en asseyant le bas de la charpente sur les murs. Aujourd'hui le chaume est généralement remplacé par des tuiles plates et les périphéries en lauzes sont conservées.

Soubassement / Fondations :

Murs en pierre sèche sur toute la hauteur. Le sable étant rare sur le causse, les enduits et mortiers étaient traditionnellement réservés aux enduits intérieurs des pièces d'habitation et aux joints des encadrements maçonnés des portes. En certains cas, les embrasures de portes sont réalisées par des pièces de bois assemblées en queue d'aronde.

Le mur est fondé sur une assise en pierres sèches légèrement débordante. Des pierres d'angle, de dimensions importantes, délimitent cette assise et son implantation.

Interface :

La maçonnerie englobe la charpente.

Nature du sol :

Sols calcaïques superficiels et caillouteux sur calcaires durs des Causses du Quercy.

Nature des pierres :

Calcaire.



Crédit photos : Vincent Caussanel & Bertrand Masse

■ Analyse du fonctionnement mécanique

Charges appliquées au murs

• Descendantes :

- Charges gravitaires : poids propre, charges d'exploitation ou neige.
- Charges transmises ponctuellement au niveau des pieds d'arbalétriers des fermes sur des pierres d'appuis et linéairement au niveau des chevrons sur les têtes de murs par l'intermédiaire d'une panne sablière.

• Horizontales :

- Sous sollicitations de vent en façades pignon et sur les pans de toiture.
- Charges de vent transversales pour partie transmises ponctuellement au niveau des pieds d'arbalétriers des fermes et pour partie linéairement au niveau des chevrons sur les têtes de murs par l'intermédiaire d'une panne sablière.
- Charges de vent longitudinales probablement reprises directement par les murs pignons avec un mécanisme de soutien par les pans de toiture.
- Poussée horizontale des chevrons sous poids propre des ouvrages, de la neige et des charges d'exploitation sur la charpente.

EXEMPLE DE FONDATIONS EN PIERRE SÈCHE
DANS UN BÂTI EN STRUCTURE BOIS

Grange rénovée

Quissac (46)



Situation géographique

Département : Lot (46)

Adresse : Quissac

Altitude : 360 m

Géographie : Causses du Quercy

Implantation : RAS

Sismicité : très faible



Données cartographiques :
© IGN, Esri France

■ Relation avec le bati patrimonial local

Contexte :

Date de construction : fin du XIXe siècle. Bâtiment entièrement rénové en 2019



Crédit photo : Samuel Némoz



■ Description

Le bâtiment :

Ancienne grange restaurée chez un particulier par Vincent Causanel, ABPS diplômé du Certificat de Qualification Professionnelle pierre sèche.



Structure :

Charpente en bois (chêne/châtaigner) et assemblage traditionnel dit « à couple ».

Initialement la couverture de la grange était probablement réalisée en chaume (imposant la pente des toitures) avec les bas de pente et couverture des murs pignons en lauzes. Ce changement de matériau de couverture est probablement la cause du changement de pente des toitures au niveau des murs. Les lauzes en bas de pente avaient sûrement pour rôle de lester les bas de pente en asseyant le bas de la charpente sur les murs. Les toitures présentent une demi-croupe sur certains pignons.

Aujourd'hui, le chaume est généralement remplacé par des tuiles plates et les périphéries en lauzes sont conservées.

Crédit photo : Samuel Némoz

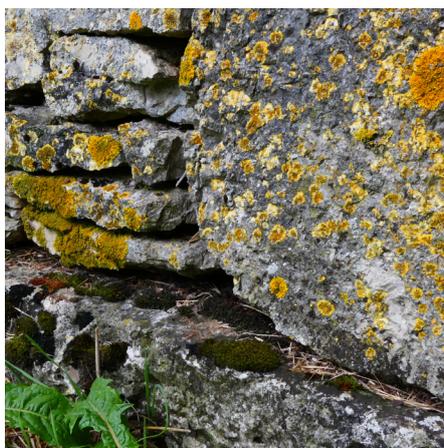
Soubassement / Fondations :

Murs en pierre sèche sur toute la hauteur. Le sable étant rare sur le causse, les enduits et mortiers étaient traditionnellement réservés aux enduits intérieurs des pièces d'habitation et aux joints des encadrements maçonnés des portes. En certains cas, les embrasures de portes sont réalisées par des pièces de bois assemblées en queue d'aronde.

Le mur est fondé sur une assise en pierre sèche légèrement débordante. Des pierres d'angle de dimensions importantes délimitent cette assise et son implantation.

Interface :

La maçonnerie englobe la partie basse de la charpente.



Crédit photos : Bertrand Masse, Samuel Némoz & Vincent Caussanel

Nature du sol :

Sols calcaires plus ou moins caillouteux et peu profonds sur calcaires durs d'occupation agricole des Causses du Quercy.

Nature des pierres :

Probablement calcaire.

■ Analyse du fonctionnement mécanique

Charges appliquées au murs

• Descendantes :

- Charges gravitaires : poids propre, charges de neige.
- Charges transmises linéairement au niveau des chevrons sur les têtes de murs par l'intermédiaire d'une panne sablière.

• Horizontales :

- Vent en façades pignons et sur les pans de toiture.
- Charges de vent transversales pour partie transmises ponctuellement au niveau des pieds d'arbalétriers des fermes et pour partie linéairement au niveau des chevrons sur les têtes des murs par l'intermédiaire d'une lisse. La lisse est elle-même stabilisée horizontalement par des diagonales transmettant des efforts horizontaux aux sommiers.
- Charges de vent longitudinales probablement reprises directement par les murs pignons avec un mécanisme de soutien par les pans de toiture.
- Poussée horizontale des chevrons sous poids propre des ouvrages et de la neige.

■ **Maçonnerie** : EURL Vincent Caussanel

Charpente / couverture : Montal Didier

EXEMPLE DE FONDATIONS EN PIERRE SÈCHE
DANS UN BÂTI EN STRUCTURE BOIS

Toilettes sèches

Gréalou (46)



Situation géographique

Département : Lot (46)

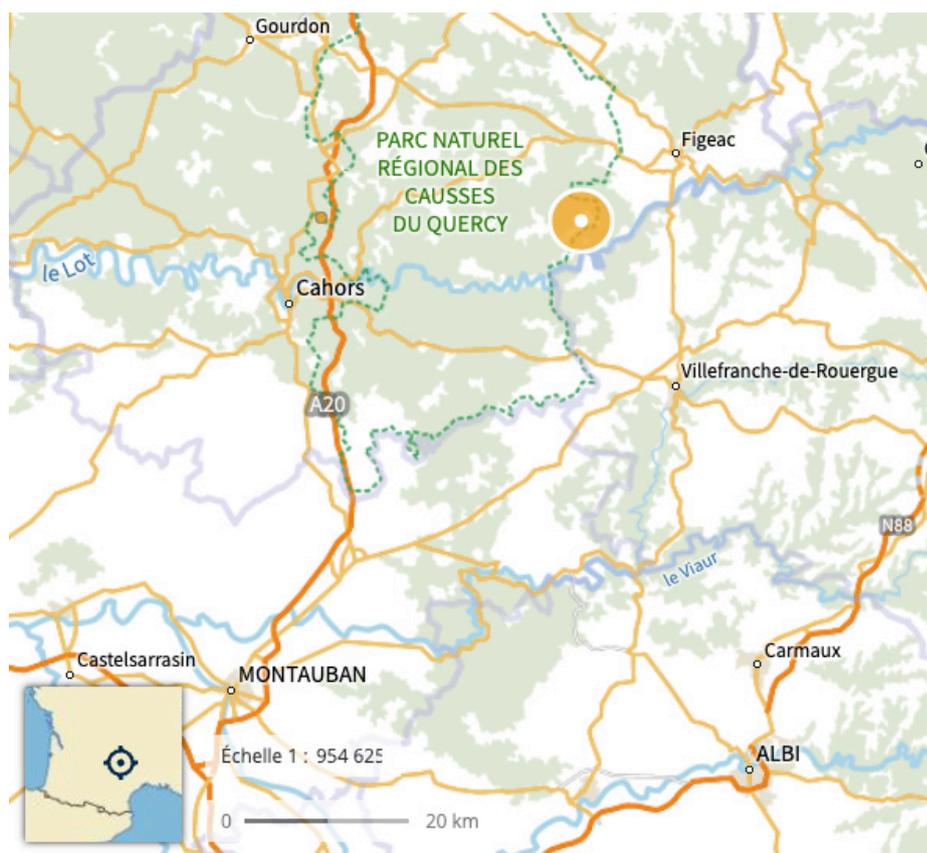
Adresse : Super Cayrou, Colline de Pech Laglayre, Gréalou

Altitude : 393 m

Géographie : Causse de Saint-Chels, Quercy

Implantation : terrain en forte pente

Sismicité : très faible



Données cartographiques :
© IGN, Esri France

■ Relation avec le bati patrimonial local

Contexte : Le site est situé à proximité de nombreux dolmens, notamment des dolmens de Pech Laglaire, ainsi que de quelques menhirs. Les dolmens de Pech Laglaire sont au nombre de 3. Deux d'entre eux sont classés aux monuments historiques depuis 1978, dont un est également inscrit au Patrimoine mondial de l'UNESCO depuis 1998.

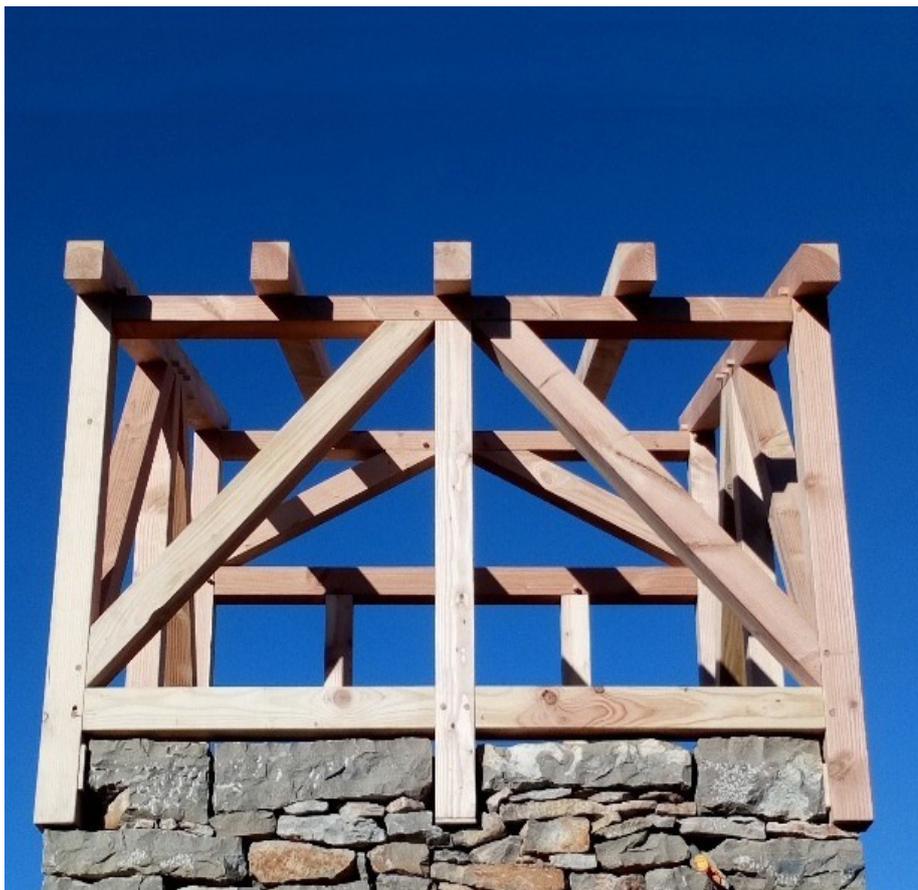
Plus récemment, le site a été un lieu d'expérimentation avec le projet Super Cayrou

Date de construction : 2020



Crédit photo : Bertrand Masse

■ Description



Crédit photo : Vincent Caussanel

Le bâtiment :

Bâtiment sanitaire achevé en 2020 sur le site de fouille de Gréalou. Le niveau de soubassement est réalisé en pierre sèche. Le niveau supérieur est une structure bois reposant sur les murs de pierre. Le soubassement a été réalisé par Vincent Caussanel, ABPS diplômé du Certificat de Qualification Professionnelle pierre sèche.

Structure :

Ossature bois (douglas). Eléments bois sans trace apparente d'attaque d'insectes xylophages ni de champignons. Bardage extérieur (châtaigner) grisé par les intempéries.

Structure poteaux-poutres triangulée constituée de chevrons, poteaux, lisses et diagonales de section de l'ordre de 10 x 10 cm et assemblée par assemblages à tenon et mortaise chevillé.

Bardage à clin horizontal en lames de châtaigner et couverture bac acier.

Soubassement / Fondations :

Murs en pierres sèches d'épaisseur approximative 40 cm. Un enduit intérieur a été réalisé probablement pour faciliter le nettoyage du local. Du fait de la pente du terrain, le mur sous l'entrée joue également le rôle de mur de soutènement.

Interface :

Les pieds des poteaux reposent dans des réservations aménagées à la disquette dans les murs en pierre sèche. Des bandes de mousse synthétique comblent ou ménagent un espace entre les flans des poteaux et les pierres. En certains points, les pierres d'appui sont brisées, fragilisées par les entailles. Les réservations réalisées dans les murs permettraient, si cela est nécessaire, de transmettre des charges horizontales de la structure bois au mur. On note également la présence d'une lisse chevillée entre les pieds de poteaux qui permet de réaliser un chaînage de la structure bois.



Crédit photos : Bertrand Masse & Samuel Némoz



NB : À refaire, l'artisan proposerait un type de jonction différent pour l'assemblage des charpentes aux murs, plus proche des systèmes traditionnellement utilisés dans la région dans cette situation. Cette jonction intégrerait une lisse en bois sous le couronnement du mur et la structure bois lui serait assemblée par des assemblages traditionnels.

Nature du sol :

Sols calcaïques superficiels et caillouteux sur calcaires durs des Causses du Quercy.

Nature des pierres :

Calcaire

Crédit photo : Vincent Caussanel

■ Analyse du fonctionnement mécanique

Charges appliquées au soubassement

- **Descendantes :**

- Charges gravitaires : poids propre, charges de neige.
- Charges transmises ponctuellement au niveau des poteaux par contact.

- **Horizontales :**

- Vent en façade.
- Charges transmises probablement par frottement et possiblement par contact latéral au niveau des encoches réalisées dans les pierres d'appuis.

■ **Murailleurs-bâtisseurs** : EURL Vincent Caussanel

Charpentier : Péter Djesktra

EXEMPLE DE FONDATIONS EN PIERRE SÈCHE
DANS UN BÂTI EN STRUCTURE BOIS

Hameau d'alpage

Sainte-Foy Tarentaise (73)



Situation géographique

Département : Savoie (73)

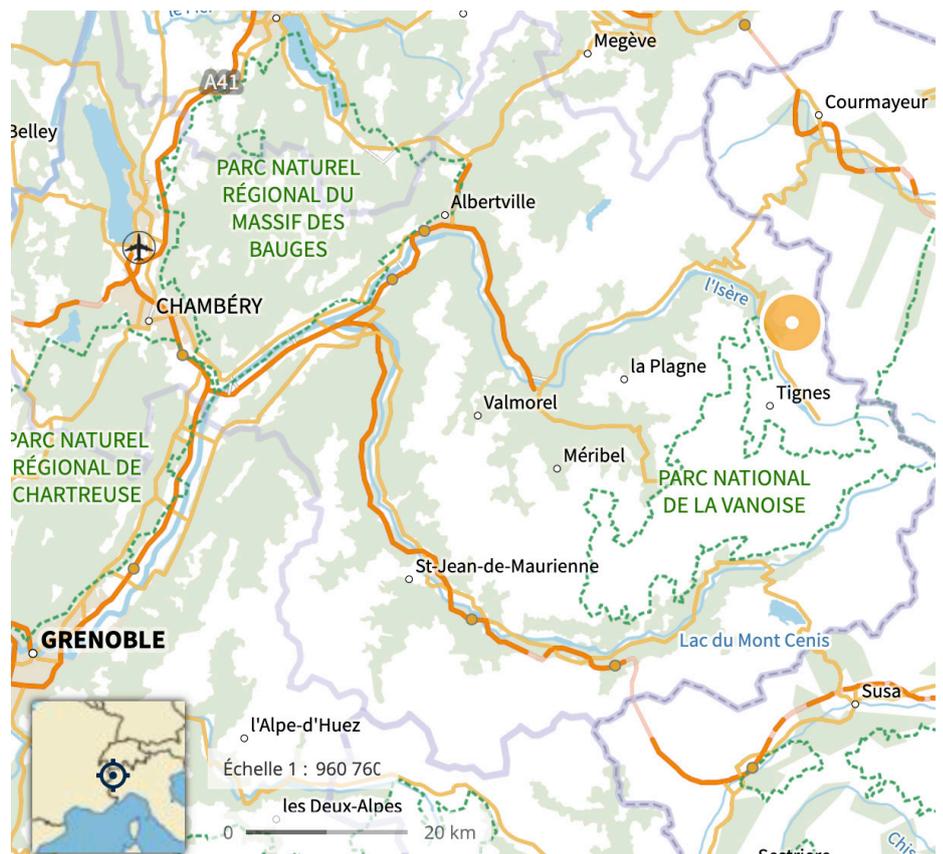
Adresse : Le Clou, Sainte-Foy Tarentaise

Altitude : 2232 m

Géographie : Vallon du Clou

Implantation : RAS

Sismicité : modérée



Données cartographiques :
© IGN, Esri France

■ Relation avec le bati patrimonial local

Contexte : Hameau d'alpage dispersé le long d'un sentier.

Date de construction : Inconnue



Crédit photos : Plaquette de présentation du CAUE de Savoie (à gauche : 1936 - à droite : 2019)

■ Description

Les bâtiments :

Bâtiments d'alpage abandonnés en 2021 et présentant différents niveaux de délabrement (ouvertures remplacées par des éléments métalliques, couverture arrachée, murs effondrés...). Les bâtiments sont d'anciens bâtiments d'exploitation pastorale abritant un logement, une étable et divers locaux annexes.

Structure :

Utilisation minimale du bois (sapin, épicéa ou pins) probablement d'origine très locale (bois torsés et noueux, caractéristiques des arbres ayant poussé en altitude). État des éléments bois variable suivant les pièces, avec beaucoup d'éléments très endommagés à cause de leur exposition aux intempéries.

Charpentes

Simple, constituées de pannes sablières et d'une panne faîtière reposant sur les murs et sur un poteau intermédiaire. Elles supportaient originellement des couvertures constituées de lauzes. Celles-ci étaient supportées par un platelage et des chevrons de forte section, espacés de 50 cm environ. Quelques couvertures ont été remplacées par de la tôle ondulée. Certaines des toitures ainsi remplacées ont été arrachées par le vent avec leurs chevrons supports et attestent du fait que les liaisons actuelles des chevrons aux murs ne sont pas aptes à reprendre des efforts de soulèvement importants.

Planchers

Planchers intermédiaires constitués d'un platelage épais reposant sur un solivage constitué de troncs grossièrement équarris espacés d'un mètre environ.



Crédit photo : Samuel Némoz

Murs / soubassements :

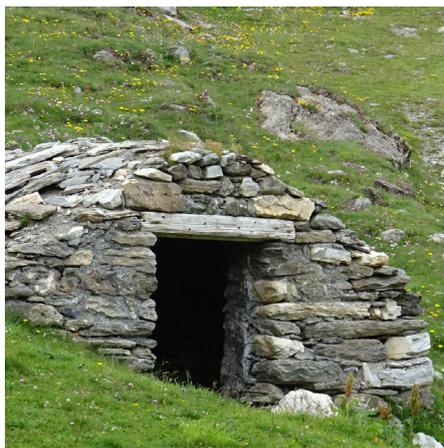
Murs extérieurs intégralement en pierre sèche de 55 à 60 cm environ, à l'exception des linteaux qui sont réalisés en bois. Les murs en pierre semblent se prolonger en fondations. Le rocher affleure en certaines zones proches de certains bâtiments.

Certains cloisonnements intérieurs sont également réalisés en panneautage bois.

Interface :

Les pannes faîtières reposent sur deux pièces de bois de 80 cm à 1 m, intégrés sur les deux parements des murs. L'appareillage des murs présente souvent une pierre plate en appui de ces pièces.

Les pannes sablières, coté intérieur, sont, sur certains bâtiments, lestées par des pierres raccordant le mur au platelage de la couverture. Les extrémités des solivages sont intégrées dans des réservations non débouchantes au niveau des murs. Les solives de rives sont supportées en plusieurs points intermédiaires par des corbeaux en pierre.



Crédit photos : Samuel Némoz

Nature du sol :

Sols calcaires, peu à moyennement profonds, limono-argilo-sableux.

Nature des pierres :

Calcaire



Crédit photo : Samuel Némoz

SPECIFICITES C1-C2

Un volume à deux niveaux, plan rectangulaire, deuxième chalet en ruine accolé.

Faîtage orienté Nord-Sud, plancher en bois, demi-niveau accessible par l'extérieur via un escalier en pierre, porte donnant sur un ancien enclos.

Construction en mauvais état : murs déformés, effondrement au niveau des fenêtres, intérieur en ruine. Partie Sud en ruine (elle était entière en août 1936)

Structure

Seule la charpente, les menuiseries, les linteaux, les planchers et les poteaux sont en bois. La couverture est en lauzes.

Soubassement / Fondations

Murs en pierres apparentes hourdées avec un peu de mortier de chaux.

■ Analyse du fonctionnement mécanique

Charges appliquées au murs

• Descendantes :

- Charges gravitaires : poids propre du toit en lauzes ainsi que du plancher, charges d'exploitation du plancher et poids de la neige.
- Charges transmises ponctuellement par contact au niveau des pièces de bois d'appui dans les murs.

• Horizontales :

- Compte tenu de l'utilisation du bois en structure de toiture et de plancher, les efforts horizontaux de vent transmis par les pièces de bois aux murs sont considérés faibles au regard des charges de vent reçu par les façades en pierre.
- Les pièces de bois en charpente et en plancher peuvent jouer un rôle dans la répartition des efforts de vent entre les murs des bâtiments.

EXEMPLE DE FONDATIONS EN PIERRE SÈCHE
DANS UN BÂTI EN STRUCTURE BOIS

Scierie

Le Loissel, Villaroger (73)



Situation géographique

Département : Savoie (73)

Adresse : Forêt de Malgovert, le Loissel, Villaroger

Altitude : 1050 m

Géographie : Vallée de la Tarentaise, massif de la Vanoise

Implantation : terrain en forte pente, site humide (présence de nombreux ruisseaux aux alentours)

Sismicité : modérée

Données cartographiques :
© IGN, Esri France



Relation avec le bâti patrimonial local



Contexte : Scierie installée à flanc de montagne sur le cours d'un ruisseau. D'autres constructions en pierre sèche, à l'abandon, sont visibles dans le secteur proche.

Date de construction : Inconnue

Crédit photo : Samuel Némoz

Description

Le bâtiment :

Le bâtiment n'est plus en activité en 2021 mais reste bien conservé avec une couverture globalement exempte de fuite. Il semblerait que l'activité de sciage se soit maintenue après l'abandon de la chute d'eau comme source d'énergie et son remplacement par de l'électricité du réseau EDF.

Structure :

En bois (sapin / épicéa) d'état variable suivant les pièces mais peu d'éléments sont très endommagés malgré la forte humidité du site. De nombreux éléments bois présentent des piqûres d'insectes superficielles sur la partie d'aubier.

Couverture

Couverture à deux pans constituée de plaques métalliques supportées par un platelage. Son état général permet une protection effective du bâtiment malgré de nombreux points dégradés.



Crédit photo : Samuel Némoz

Super-structure bois

La couverture et le plancher sont supportés par 3 portiques constitués de fermes simples (poinçon/arbalétriers/entrait) reliées aux poteaux par des aisseliers les stabilisant dans leur plan. Les pannes sablières sont soutenues par des liens qui permettent la stabilisation longitudinale de la structure. Des sommiers situés à l'aplomb des fermes et avec un entraxe d'1m environ supportent le platelage du plancher.

Murs

Bardage vertical jointif.

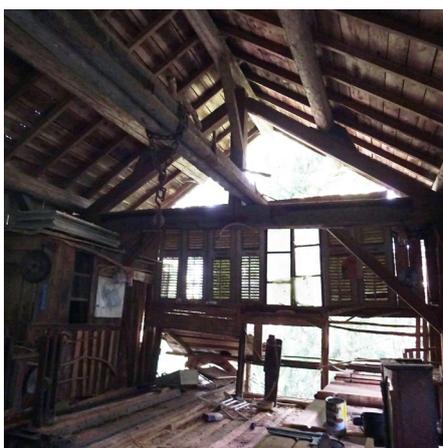
Soubassement / Fondations :

La superstructure bois repose sur deux murs en pierre sèche, perpendiculaires à la pente. Un des murs forme un mur de soutènement, de même qu'un troisième mur implanté coté amont du bâtiment. Du fait de la pente ces murs présentent une hauteur de 5,6 m coté aval pour une épaisseur de 80 cm en pied et sans réduction visible en partie haute. L'état général des murs est très bon.



Interface :

En partie courante la superstructure démarrante avec les sommiers est appuyée sur deux lisses couronnant les murs de pierres. Au niveau du pignon aval, des pièces de bois transversales appuient l'extrémité des lisses qui se trouvent en porte-à-faux en ce point. Ce type de jonction se retrouve sur plusieurs interfaces des bâtiments du hameau directement à proximité de la scierie.



Crédit photos : Samuel Némoz

Nature du sol :

Sols saturés, peu profonds, limoneux à limono-sableux (sols bruns à bruns calciques), des prairies de glacis et replats du collinéen (et du montagnard) sur gypse / calcisol.

Nature des pierres :

Probablement calcaire.

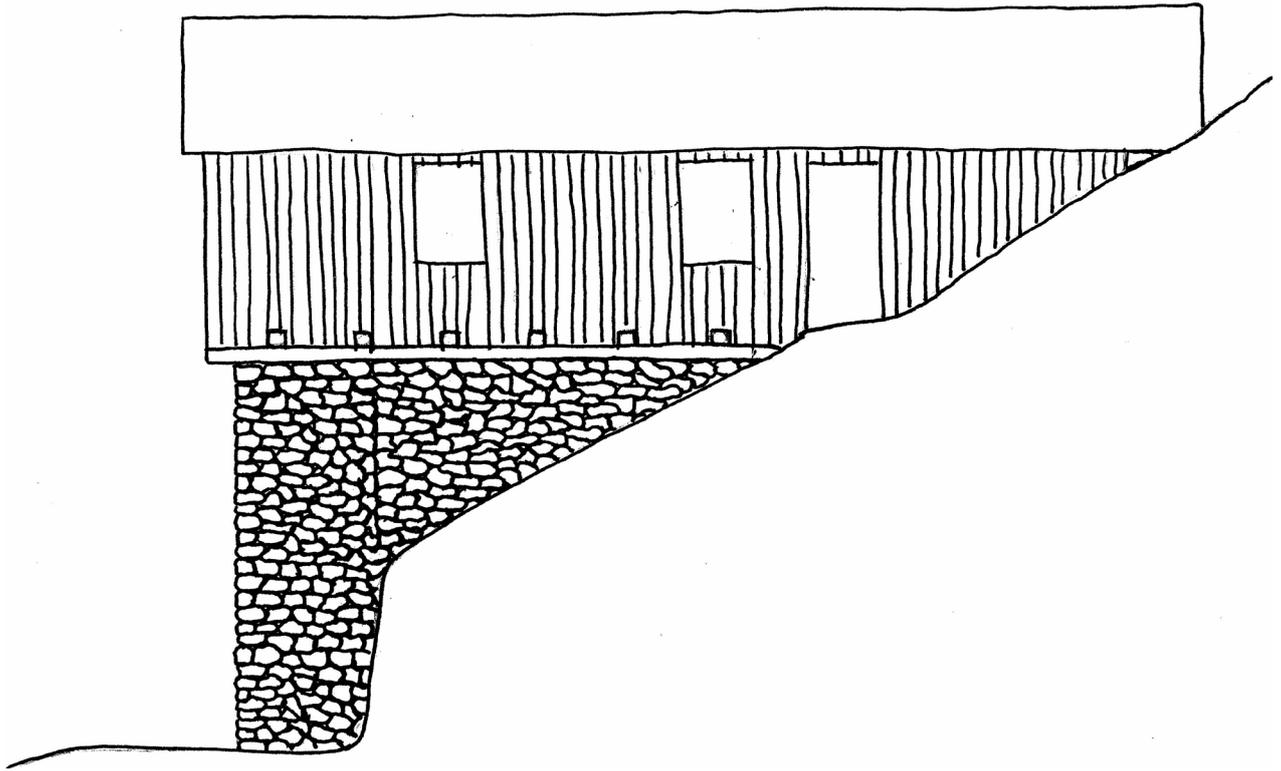


Illustration : Charlie Imbert

■ Analyse du fonctionnement mécanique

Charges appliquées au murs

• Descendantes :

- Charges gravitaires : poids propre du toit et du plancher, charges d'exploitation du plancher (usagers et stockage du bois) et poids de la neige.
- Charges globalement ponctuelles (sommiers et pieds de poteaux) probablement réparties sur les murs transmises linéairement par contact des lisses d'implantation.

• Horizontales :

- Vent en façades et par la poussée des terres pour le mur de soutènement contre la pente
- En l'absence de dispositions visibles à l'interface lisses/murs, il est supposé que les efforts horizontaux sont transmis par frottement des ouvrages bois aux murs en pierre.
- Du fait de l'absence de mur pignon sur la façade donnant sur la pente, il est probable que le seul poids des murs a suffi à les stabiliser sous sollicitation de vent.

EXEMPLE DE FONDATIONS EN PIERRE SÈCHE
DANS UN BÂTI EN STRUCTURE BOIS

Chalets d'alpage

Manigod (74)



Situation géographique

Département : Haute-Savoie

Adresse : Manigod

Altitude : 1225 m à 1655 m

Géographie : massif des Aravis (Alpes)

Implantation : terrain en pente faible à moyenne

Sismicité : moyenne

Données cartographiques :
© IGN, Esri France



■ Relation avec le bâti patrimonial local



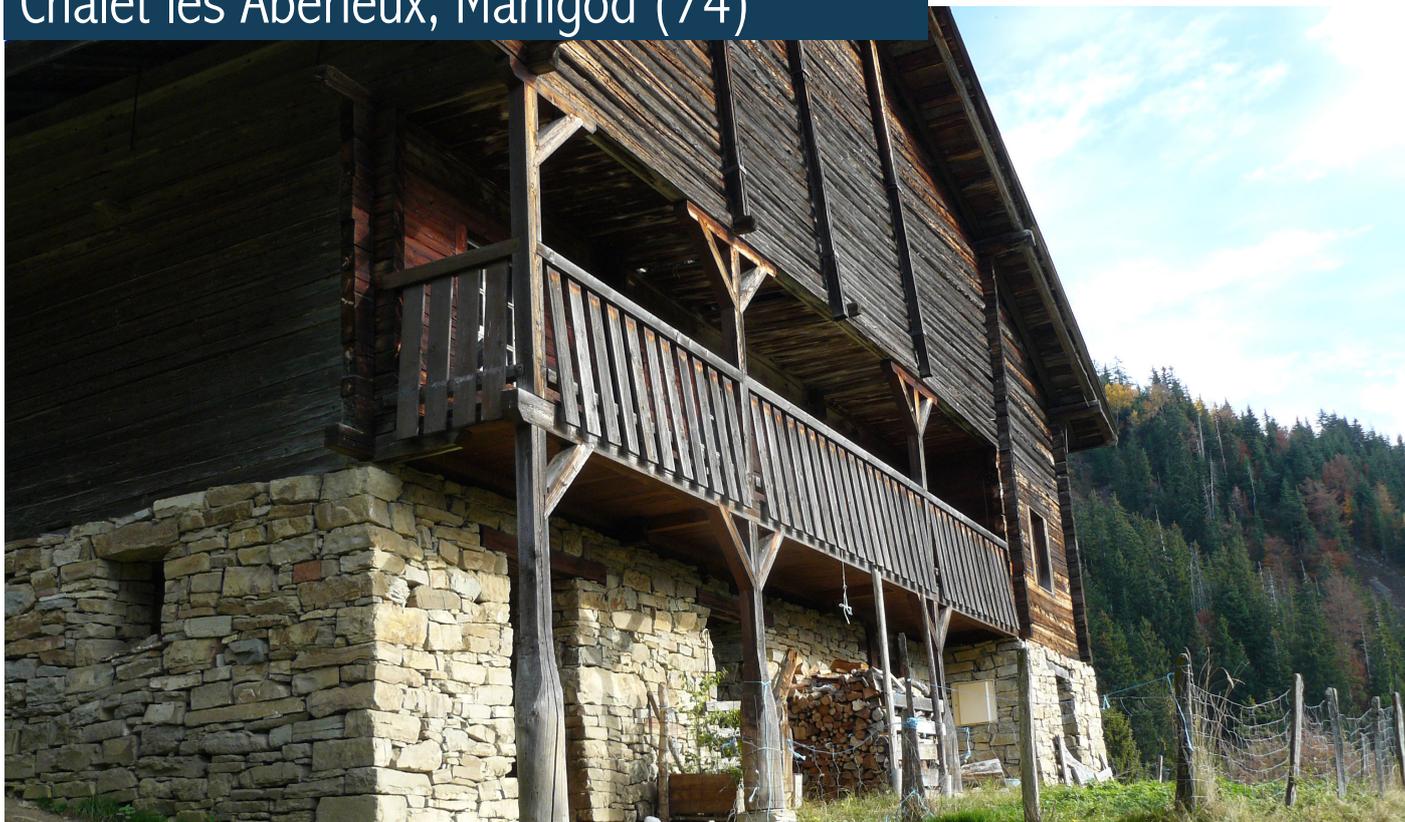
Photo : Manigod, les Gorges. Dans « Les types d'architecture traditionnelle des Alpes du Nord, maisons et chalets du massif des Bornes », Bernard Duprat et Michel Paulin, 1989

Contexte :

Traditionnellement, chalets, granges et fermes de la région de Manigod étaient bâtis en bois avec un soubassement en pierre sèche ou en pierre légèrement hourdée au mortier de chaux.

Aujourd'hui ces ouvrages sont devenus rares car ils ne correspondent pas aux normes sismiques. Ainsi, les soubassements sont souvent renforcés avec des structures en béton armé lors de rénovations. Les soubassements des constructions plus récentes sont réalisés directement en béton armé, complété par une isolation et un parement en pierre.

Chalet les Abérieux, Manigod (74)



Crédit photo : Samuel Némoz

■ Description

Date de construction : 1914

On trouve un chalet de même type à un emplacement proche sur les cartes sardes. Sachant qu'autrefois les chalets étaient parfois déplacés, il est possible que la première construction sur ce site date d'avant 1860.

Le bâtiment :

Le chalet, d'architecture traditionnelle manigodinne, est entretenu avec de faibles modifications par rapport à son état originel (réfection de la couverture en tôle ondulée et du balcon). Le bâtiment est actuellement utilisé comme bergerie et maison de vacances par les propriétaires.

Ce site est le plus remarquable que nous ayons observé dans la région, tant par son état de conservation que par l'assemblage des pierres, ou ses caractéristiques structurelles.



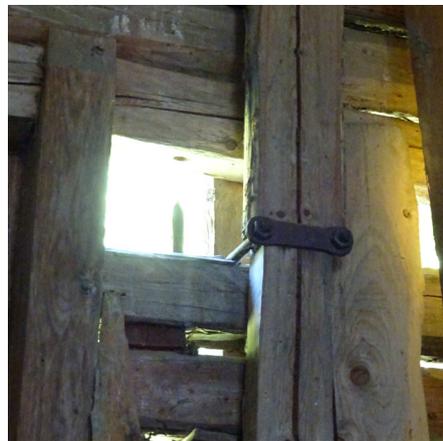
Crédit photo : propriétaire du chalet



Crédit photo : Samuel Némoz - 2021

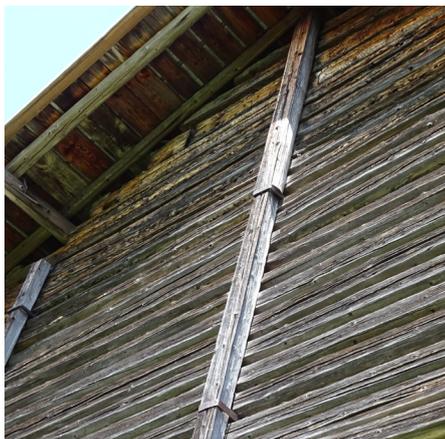
Structure :

Bois d'épicéa avec balcon en pignon supporté par des poteaux en bois. Les éléments bois sont bien conservés dans l'ensemble mais présence de piqûres d'insectes par endroits. De la sciure témoigne d'attaques récentes. On constate un poteau manquant au balcon et en-dessous.



Charpente

Chevrans sur pannes supportées par les murs ou des poteaux. Certains poteaux et murs du grenier présentent un angle notable par rapport à la verticale. Des ferrures métalliques liaisonnent la majorité des chevrons aux murs en bas de pente, vraisemblablement pour empêcher le soulèvement des débords par le vent. La couverture en tôle nervurée est soutenue par un platelage ajouré. Au vu de la pente de la toiture, de l'ordre de 25°, la couverture originelle du bâtiment était probablement en tavaillons.



Crédit photos : Samuel Némoz & Bertrand Masse



Murs

En madriers, ils sont constitués de bois sciés de sections de 10 cm d'épaisseur et de 10 à 25 cm de hauteur environ. Ceux-ci sont empilés et assemblés à mi-bois aux madriers des murs perpendiculaires.

Sur certaines façades sans murs de refends, les murs de madriers sont maintenus dans le même plan par des paires de perches reliées par des

ferrures ou des pièces de bois. En certains points les madriers sont visiblement assemblés entre eux par des chevilles.

Les murs du grenier en madriers présentent des jours systématiques entre les éléments (pour la ventilation), maintenus par des chevilles. Sur les pièces d'habitation et du rez-de-chaussée, les madriers sont jointifs et parfois leurs joints sont remplis d'éléments végétaux (mousse ou bruyère).

Plancher

Platelage sur solivage fortement espacé (plus d'1 mètre). En certains points le solivage est suspendu à des sommiers présents dans le grenier.

Soubassement :

Murs en pierre sèche fortement litée (épaisseur 48 cm, hauteur en façade 2 m), avec ouvertures par linteaux en bois massif. L'agencement des pierres entre elles est remarquable par rapport aux autres constructions de la commune, certainement réalisé par un connaisseur.

Interface :

Madriers formant les murs simplement posés sur le soubassement en pierre sèche (pas de pièce spécifique d'interface). Les bois se trouvent au nu intérieur du mur.

Poteaux ponctuels (balcon et auvent sur nova), également simplement posés sur des pierres isolées.



Crédit photos : Bertrand Masse

Nature du sol :

Malgré la présence de roche affleurante (schiste) sur le chemin d'accès, le chalet ne semble pas reposer (même en partie) sur la roche mère.

Nature des pierres :

Calcaire

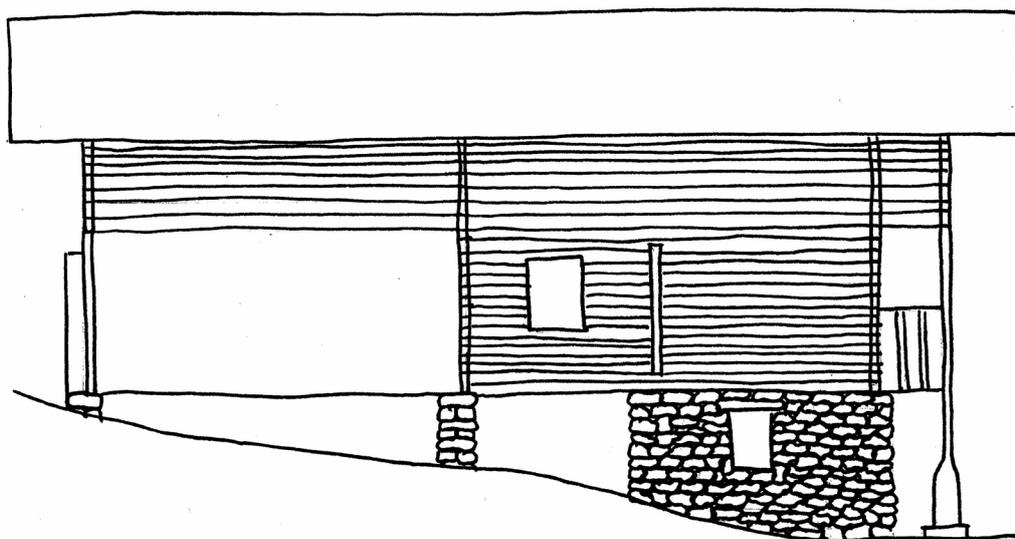


Illustration : Charlie Imbert

La ferme aux marmottes, Manigod (74)



Crédit photo : Samuel Némoz

■ Description

Date de construction : inconnue

Le bâtiment :

Ferme d'alpage dont l'utilisation actuelle est inconnue. Le bâtiment semble dans un état proche de sa construction initiale avec une couverture en bon état, réalisée récemment en tôle nervurée. Il n'a pas été possible d'entrer à l'intérieur du bâtiment ni de recueillir des informations sur celui-ci auprès de son propriétaire.

Structure :

Bois d'épicéa. Les éléments bois sont bien conservés dans l'ensemble mais présentent des piqures d'insectes sur certains éléments exposés aux intempéries en pied de murs et très dégradés.

Charpente

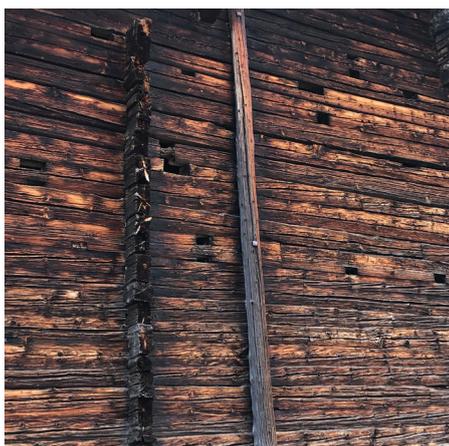
Chevrans sur pannes supportées par les murs pignons, les murs long-pans et une file de poteaux intérieurs.

Des câbles métalliques lient les bas de pente des chevrons de rive aux murs pour vraisemblablement empêcher le soulèvement des angles des débords par le vent.

La couverture en tôle nervurée est soutenue par des pannelettes denses et de forte section (de l'ordre de 10 x 10 cm tout les 60 cm). Au vu de la pente de la toiture, de l'ordre de 25°, la couverture originelle du bâtiment était probablement en tavaillons.



Crédit photo : Bertrand Masse



Crédit photo : Bertrand Masse

Plancher

Non visible depuis l'extérieur du bâtiment, il n'a donc pas pu être étudié lors de la visite.

Murs

Les murs en madriers sont constitués de bois sciés en sections de l'ordre de 10 cm d'épaisseur et de 10 à 25 cm environ de hauteur. Ceux-ci sont empilés et assemblés à mi-bois aux madriers des murs perpendiculaires. Sur certaines façades sans murs de refends, les murs de madriers sont maintenus dans le même plan par des paires de perches reliées par des ferrures ou des pièces de bois.

De nombreuses traces d'anciens assemblages sont visibles sur les façades. Ceci dénote d'un procédé de réutilisation des bois. Au sud, le mur présente un angle important avec la verticale.

Soubassement :

Murs en pierre sèche de facture grossière. Présence de pierres fendues et de pierres qui se retirent facilement, et d'un remblai sous la construction.

Interface :

Les madriers formant les murs sont simplement posés sur le soubassement en pierres sèches (pas de pièce spécifique d'interface).

En plusieurs points le madrier en contact avec le soubassement est visiblement enfoncé par les pierres du soubassement. De nombreuses pierres de couronnement ne sont pas en contact avec la structure bois et sont facilement déplaçable.

En cohérence avec les charges transmises par la charpente les interfaces soubassement/murs sont plus fortement chargés sur les murs pignons que sur les murs longs-pans.



Crédit photos : Bertrand Masse & Samuel Némoz

Nature du sol :

Le site se trouve au milieu d'une tourbière, cependant le sol semble être correctement drainé/tassé sur la parcelle.

Nature des pierres :

Probablement du grès.

Laubapro - Tsilia Poussin - ABPS

L'Espinassat 48160 Ventalon en Cévennes
tsiliapoussin@abps.fr
07.81.34.12.75

Association Gens des Pierres

13 impasse des Bruges 07200 Ucel
gensdespierres@gmail.com
06.26.63.30.38

Rédacteurs :

Charlie Imbert, étudiant à l'EC - Lyon
Samuel Némoz, BET Némoz études

■ Analyse du fonctionnement mécanique

Charges appliquées au soubassement

• Descendantes :

- Sous sollicitations par le poids propre des ouvrages, l'exploitation et la neige.
- Charges transmises linéairement par contact au niveau du madrier de pied de mur.

• Horizontales :

- Sous sollicitations de vent en façades et par la poussée des terres pour les murs en contact avec le remblai.
- Charges de vent transmises des murs de madriers au couronnement du soubassement par frottement.

Analyse du comportement général :

Les bâtiments visités sur la commune de Manigod présentent de fortes similitudes dans leurs systèmes constructifs et leurs structures bois avec des murs en madriers empilés. Ainsi, cette introduction est également valable pour les fiches suivantes : Ferme aux marmottes, Cabane du plateau de Beauregard, Chalet à proximité du village de Marc Veyrat.

Les caractéristiques mécaniques principales des murs en madriers sont :

- La formation d'un élément relativement résistant et rigide dans son plan vis à vis de chargements verticaux et horizontaux.
- Une certaine rigidité sous charge verticale et donc une capacité à retransférer des charges verticales à des points d'appuis espacés. Cette caractéristique permet également de retransférer des charges en cas de défaillance ou de tassement d'un appui en d'autres points du soubassement.

Hypothèses retenues concernant le mode de transfert de charges depuis les murs bois au soubassement :

Charges verticales descendantes : simple appui sur les pierres de soubassement.

Charges horizontales : frottement au soubassement (absence de dispositif de blocage particulier).

Charges de soulèvement : du fait du poids des murs et du monolithisme de la structure il semble probable qu'aucune charge n'ait jamais provoqué un soulèvement des murs par rapport au soubassement.

Comportement général :

La réalisation de bâtiment avec une structure en murs de madriers permet de réaliser un bâtiment avec une superstructure bois chaînée présentant une capacité de déformation de redistribution des charges verticales en cas de tassement ou de déplacement de ses appuis. Il est à noter qu'aucun élément de second œuvre fragile (enduit, chape) n'est présent dans les bâtiments mis à part quelques fenêtres de faibles dimensions.

Au vu de l'âge des bâtiments et de leur état plusieurs décennies après leur construction ces dispositions paraissent compatibles avec la réalisation de fondations/soubassement en murs de pierres sèches non chaînées.

■ Conclusion

Au croisement de la pierre et du bois, cette étude préliminaire ouvre un champ de recherches vaste sur le comportement des constructions bio-sourcées employant des matériaux locaux et naturels.

Les ouvrages objets de la présente étude sont répartis sur deux aires géographiques situées, d'une part, dans la Région Auvergne Rhône-Alpes et, d'autre part, dans le Sud-Ouest de la France.

À travers des conceptions architecturales différentes, compte tenu de la diversité des traditions et des ressources locales, nous pouvons constater que l'usage de fondations en pierre sèche dans le bâti en structure bois offre une large palette d'emploi : habitation, agriculture, artisanat / petite industrie, sanitaire... Cette technique constructive est ainsi particulièrement adaptative à des usages différents.

L'étude porte sur du bâti ancien ayant subi peu d'altérations ou des altérations / réparations profondes mais aussi des ouvrages neufs ce qui marque une volonté d'utiliser cette technique dans des projets de création ancrés dans l'actualité.

Il ressort des fiches 5, 8, 9 et 10 a), relatant l'existence d'ouvrages anciens et non entretenus, que la pérennité des ouvrages pouvait être validée sous réserve du strict respect des règles de mise en œuvre du bâti en pierre sèche et de la structure bois. En particulier, des fondations en pierre sèche ne nécessitent pas forcément un sol de fondation du type rocher mais peuvent être utilisées sur des sols meubles dans certaines conditions.

■ Perspectives

Il s'agit maintenant de permettre la construction d'ouvrages pérennes et assurables, éléments déterminants dans le développement du marché de la construction immobilière et de permettre aux maîtres d'ouvrages en auto-construction d'accéder à un cadre réglementaire propice à la réussite de leurs projets.

À travers l'hétérogénéité des ouvrages présentés surgit l'utilité de prendre le chemin d'un cadre réglementaire ou pré-réglementaire permettant d'unifier des pratiques hétérogènes pour des structures bois sur fondations en pierre sèche.

C'est pourquoi il apparaît nécessaire de prolonger cet inventaire analytique par une étude approfondie des mécanismes à l'œuvre en vue de dégager des règles de l'art applicables aux interfaces du sol, de la pierre et du bois.

Cette démarche pourra faire de ce patrimoine une matière vivante, pérenne, économe de ressources et d'énergie afin qu'il constitue une alternative sérieuse et écologique aux matériaux dominants actuellement le secteur de la construction.

■ Remerciements

Ils ont inventorié les sites présentés, ouvert leurs portes, participé aux visites, rédigé, relu ou corrigé les fiches techniques, apporté leurs précieuses connaissances à l'ensemble... et rendu possible la rédaction et la parution de ce livret. Gens des Pierres remercie toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont donné de leur temps pour la réalisation de cet inventaire :

- Charlie Imbert - École Centrale Lyon
- Samuel Nemoz - Nemoz Études, BE structure et enveloppe bois (Marseille, Bouches du Rhône)
- Bertrand Masse - Sarl De Pierres et De Bois (Largentière, Ardèche)
- Éric Vincens - École Centrale Lyon
- Jean Claude Morel - ENTPE (École Nationale des Travaux Publics de l'État)
- Emmanuel Bonnard - aide rédacteur / correcteur
- Sébastien Clot - Les Murailleurs de la Vallée (Talencieux, Ardèche)
- Jacques Crissot - Pierre Chaux Terre (Crampagna, Ariège)
- Vincent Caussanel - EURL Vincent Caussanel (Espedaillac, Lot)
- Marc Dombre - ABPS
- Hervé Dubois - CAUE SAVOIE
- Mogens With (Norvège)
- Roger Solé Coromina - La feixa pedra seca (Barcelone - Espagne)
- Claire Cornu - Chambre de métiers de l'artisanat de Vaucluse
- Yannick Lasica - Consultant indépendant
- David Bouldy et Élodie Appesetche - maison (Laboule, Ardèche)
- Gudule et Laurent Cuenot (Ariège)
- Adélaïde et Hugo Sable - Chèvrerie (Le Port, Ariège)
- Stéphanie Goddet - Chalet les Abérieux (Manigod - Haute Savoie)
- Éric Guelpa - La Ferme aux marmottes (Manigod - Haute Savoie)
- Jean-Paul Sauzet et Philippe Jarry
- Tous les bâtisseurs, connus ou non, qui ont œuvré sur ces ouvrages remarquables
- Tsilia Poussin et Cathie O'Neil - Les ABPS (Ventalon en Cévennes - Lozère)
- La FFPPS, pour son soutien financier
- Les financeurs et soutiens partenaires de Laubapro

Impression : ABP - imprimerie numérique - Aubenas

Conception : Lucie Saladin - [manna communication](#) - Aubenas

Responsable de publication :

Association Gens des Pierres - [gensdespierres.fr](#)

13, impasse des Bruges 07200 Ucel

06.26.63.30.38 / gensdespierres@gmail.com



Ne pas jeter sur la voie publique / décembre 2023



Ce livret présente un travail d'inventaire, d'état des lieux et d'analyse porté par l'association Gens des Pierres. Il s'inscrit dans le cadre du programme Laubapro, un projet global de recherche sur le comportement des constructions biosourcées sur soubassement ou fondations en pierre sèche.