

Avril 2024

ÉTABLISSEMENT
RECEVANT DU PUBLIC

Maison de la Forêt Office de tourisme Isigny-Omaha

MONTFIQUET (14)

TERRE · CHANVRE · BOIS

Sommaire



Depuis sa création, l'ARPE Normandie sensibilise et accompagne l'ensemble du territoire normand afin d'engager la transition écologique nécessaire dans le secteur du bâtiment.

Les **fiches réalisations (de retour d'expérience)** produites par l'ARPE ont pour ambition de mettre en lumière les projets éco-construits et inspirants en Normandie. Ces fiches visent à encourager les acteur·rices de la construction et de la rénovation à bâtir un avenir durable, sain et écologique.

- 4 Le projet, en bref
- 5 Présentation
- 8 Chronologie du projet
- 9 Urbanisme et société
- 11 Conception technique
- 12 Techniques mobilisées
- 17 Règlementation
- 18 La filière terre en Normandie
- 20 Pour aller plus loin

Le projet, en bref

Rénovation et extension de la Maison de la Forêt Office de tourisme Isigny-Omaha

 L'embranchement, 14490 MONFIQUET

CHIFFRES CLÉS

Durée des travaux **7,5 mois**
Coût de l'opération **975 000 € HT**
Surface de plancher **350 m²** après travaux
140 m² d'extension

TECHNIQUES D'ÉCOCONSTRUCTION

Structure

Poteau-poutre en douglas massif et lamellé-collé
Pannes secondaires épicéa
Murs ossature bois (douglas et épicéa)
Mur en bauge (terre du site)

Isolation

Terre-chanvre projeté (murs)
Laine de bois (murs et toiture)

Revêtements

Enduits terre crue (terre-chaux à l'extérieur)
Bardage bois douglas pré-grisé
Plaques de plâtre

Mobilier

Banc et comptoir en briques de terre crue fibrées (miscanthus)

ACTEUR·RICES

Maîtrise d'ouvrage : Intercom Isigny-Omaha

Financeurs : Etat (30%), Département du Calvados (21%), Région Normandie (20%), Intercom Isigny-Omaha (19%), UE (5%), Fonds Botanic (5%)

Bureau de contrôle : Veritas

Maîtrise d'œuvre : Clémence Lemarié - &Sens Architecture (architecte), Guilain Roussel (paysagiste DPLG), Maialen Imirizaldu (scénographe), Vassiliki Cyrille-Lytras (muséographe)

Entreprises bio et géo-sourcés : Julien Lucas, Bâtir en terre – Les Chantiers de Demain (terre), CPL Bois (charpente)

Bureaux d'étude : Coopérative IDEE (BE CVC), AECO (économiste), Bois2Bout Charpente (BE structure), Art Acoustique (BE acoustique)

Conseil : François Streiff (terre crue), ARPE Normandie (chantier participatif), CAUE 14

Présentation

Contexte et programme

La Maison de la Forêt est un établissement recevant du public (ERP) à vocation pédagogique et touristique. Ce lieu accueille chaque année plus de 11 000 visiteurs qui viennent découvrir la forêt de Cerisy.

En 2023, des travaux de rénovation et d'agrandissement ont été entrepris pour rendre la structure plus visible depuis l'extérieur, avec l'ambition de « **transformer le bâtiment existant pour qu'il devienne un emblème du territoire et de la forêt de Cerisy** ».

L'extension de 140m² comporte :

- une salle pédagogique polyvalente d'une capacité de 60 personnes
- un nouvel espace d'accueil
- un espace d'exposition élargi de 110m²

L'extérieur a été aménagé en vue d'augmenter la capacité du parking. Le site a également été renaturé. Il dispose de nouvelles prairies et de zones humides grâce à la récupération d'eaux de pluie.

Démarche environnementale

La maîtrise d'ouvrage souhaitait un projet à l'impact écologique et culturel exemplaire. Avec sa casquette solaire et ses grandes baies vitrées orientées sud, l'architecture bioclimatique du bâtiment permet d'optimiser les apports solaires. Un mur en bauge apporte de l'inertie et un confort important été comme hiver en régulant l'hygrométrie et la température intérieure.

Les architectes ont favorisé l'emploi de matériaux locaux, rappelant la matérialité de la forêt. Du bois a été utilisé pour la structure poteau-poutre, les murs et les bardages. La terre, très majoritairement extraite sur site, a été mise à l'honneur : mur en bauge, isolation en terre-chaux projeté, mobilier en brique de terre crue et enduits terre.





Le regard de l'ARPE

La maîtrise d'ouvrage souhaitait un projet exigeant, tant sur la qualité technique qu'écologique. **L'ambition d'une telle construction est de montrer une écoconstruction à la hauteur des défis contemporains.**

La température ressentie des locaux est agréable et les retours sur la qualité de l'air intérieur sont satisfaisants, donnant la sensation d'un air sain. L'emploi de matériaux écologiques n'a pas entraîné de dépassements calendaires. Ces matériaux sains et performants permettent de gagner significativement en qualité de vie.

La visibilité donnée aux éco-matériaux, laissés apparents, questionne les visiteurs et permet ainsi de valoriser ces techniques d'écoconstruction trop peu connues au regard de leur pertinence écologique, humaine et économique.

Les techniques qui mobilisent de la terre crue sont classifiées comme « non-courantes ». Les justifications normatives sont tout de même possibles, notamment concernant la résistance au feu. Leur mise en œuvre nécessite de donner une attention particulière à la communication entre les parties prenantes. En outre, les artisan-es possèdent des connaissances très précieuses, indispensables à la mise en œuvre de techniques vernaculaires, par définition ancrées dans un contexte géographique précis. Ce respect mutuel a permis de faire naître un tel projet.

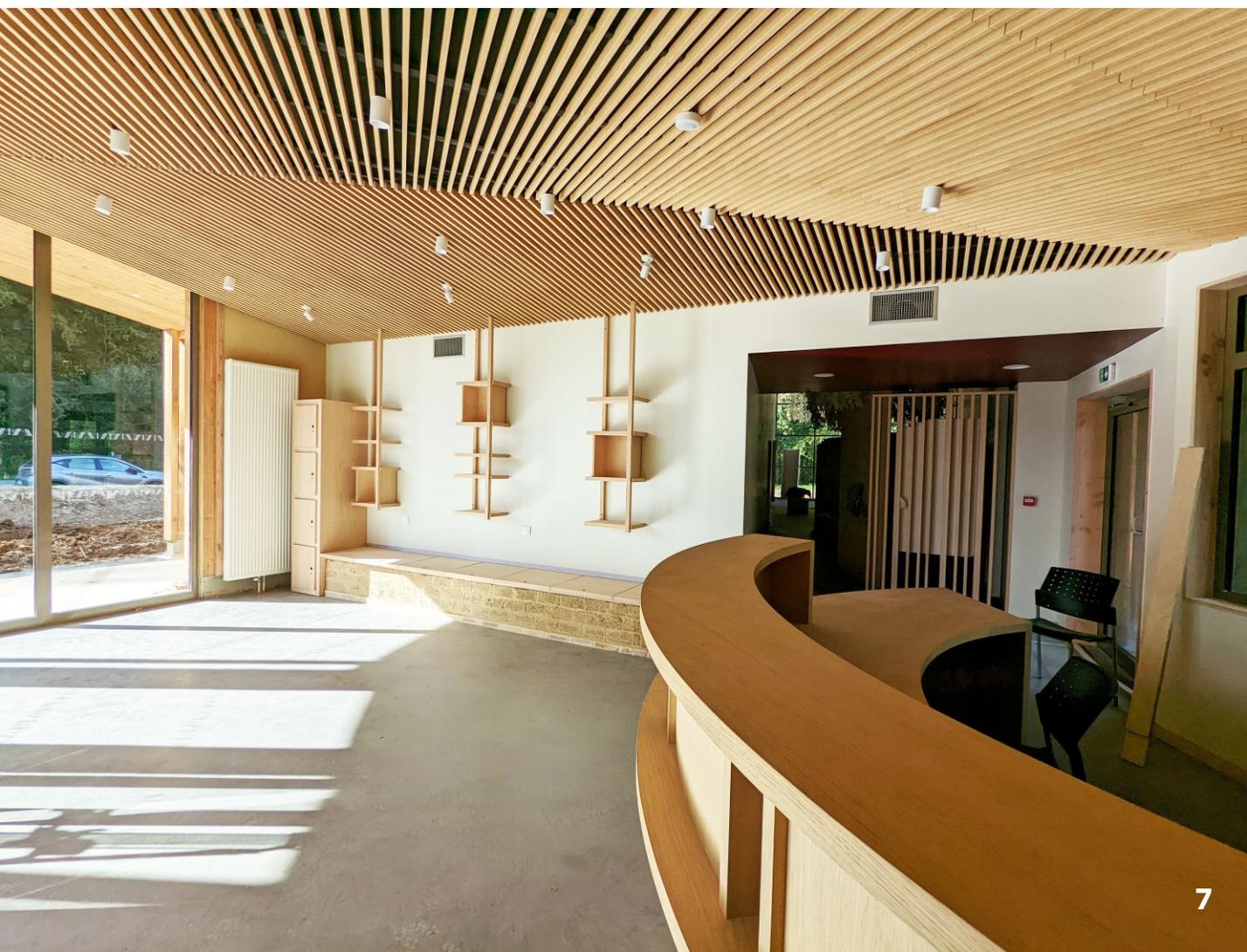
Cet ERP en maîtrise d'ouvrage publique montre la viabilité de telles techniques, notamment du point de vue assurantiel et normatif. La Maison de la Forêt est un pari réussi qui ouvre la voie à l'essaimage de telles réalisations, fiables et écologiques.

ÉCONOMIE DU PROJET

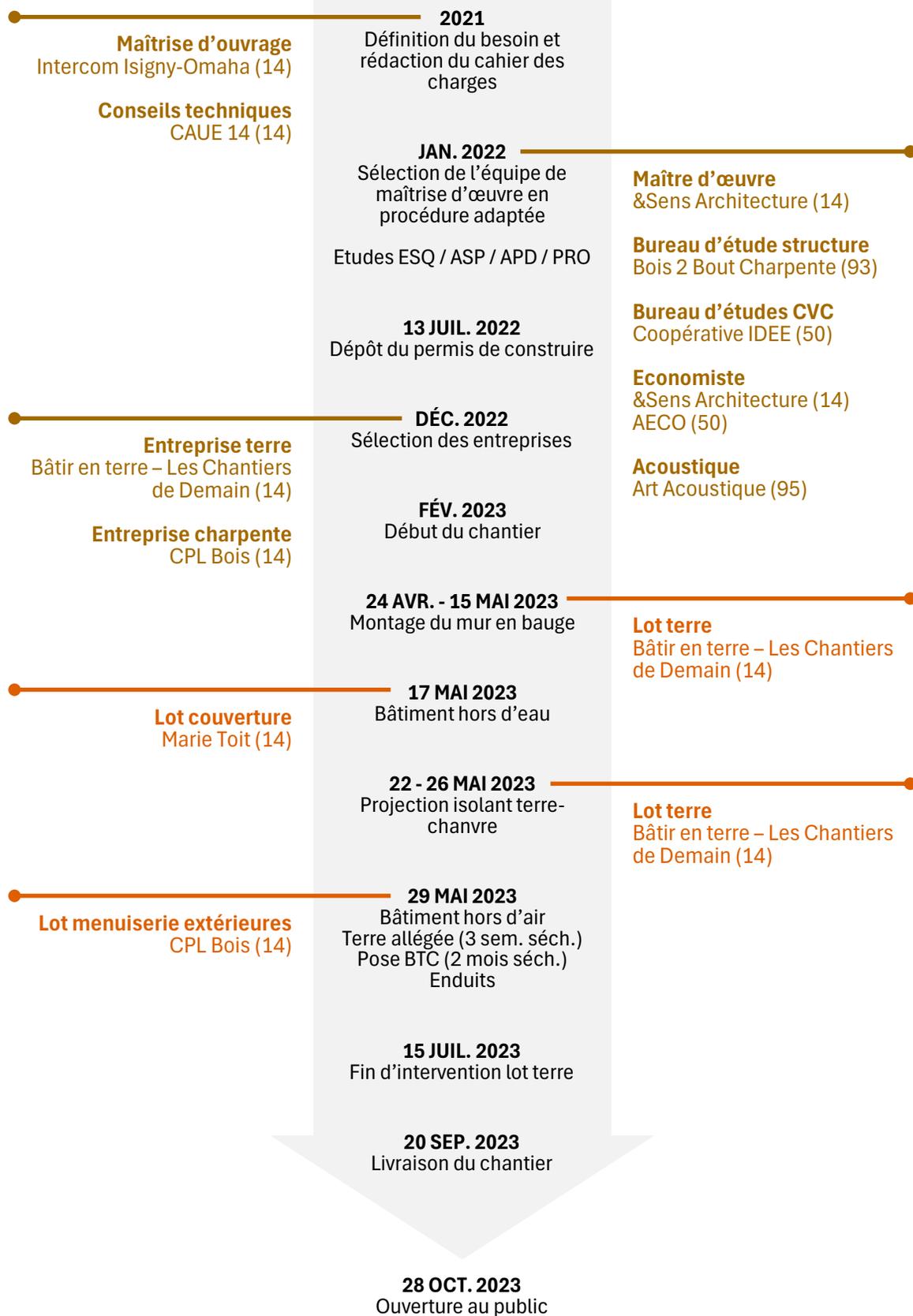
Pour les architectes, **l'emploi de terre crue n'est pas un facteur limitant**. Lorsqu'on regarde la qualité du matériau ainsi que les économies réalisées à court et moyen terme, la terre crue est viable. En considérant les économies attendues par le développement de la filière, ce matériau a de beaux jours devant lui !

Les complexes en terre crue permettent de limiter le nombre de corps de métier intervenant sur le chantier, ce qui facilite l'organisation. En outre, le lot terre représente seulement **5% du coût global** du projet.

En revanche, le projet comporte des points singuliers plus complexes à traiter car ces techniques sont encore aujourd'hui trop peu courantes en construction. Cette marginalité de la terre crue dans la commande publique implique des complexités assurantielles et normatives. Pour autant, il n'est pas impossible de mettre en œuvre ces projets d'intérêt public.



Chronologie du projet



Urbanisme et société

Insertion territoriale

La Maison de la Forêt prend place à la lisière de la forêt de Cerisy. Classée zone Ni¹, la parcelle est dédiée aux activités de loisirs ou de tourisme situées dans l'espace naturel. **La conception du site a été conditionnée par son environnement (et non l'inverse)**, sur lequel il a fallu minimiser les impacts.

Impact sociétal

Avec ce projet, l'intercom Isigny-Omaha souhaite développer l'attractivité touristique de son territoire. La pratique du vélo est mise à l'honneur grâce aux espaces de stationnement mis à disposition des visiteurs. En outre, des casiers de recharge pour vélos électriques font de la Maison de la Forêt une escale idéale pour les cyclistes empruntant les nombreuses pistes environnantes.

Au cours du projet, la maîtrise d'œuvre a suggéré de réaliser une partie du chantier en **chantier participatif** ou en **chantier-école**, afin de favoriser une **transmission de savoir**. Du fait de délais impartis relativement courts, cette modalité n'a été retenue que pour les aménagements paysagers, où l'association Les Curieux de Nature a participé à la mise en prairie de l'espace autour du bâtiment.

Ce projet met également en valeur l'écoconstruction. Durant le chantier, des visites ont été organisées par la Région Normandie, l'ARPE Normandie ainsi que par Les Chantiers de Demain.



¹ Zone Ni : Zone naturelle à protéger en raison de sa qualité environnementale et de son intérêt écologique. Les activités humaines y sont maintenues. Tous travaux ou aménagements sont soumis aux règles du Plan de Prévention des Risques d'inondation (PPRi).



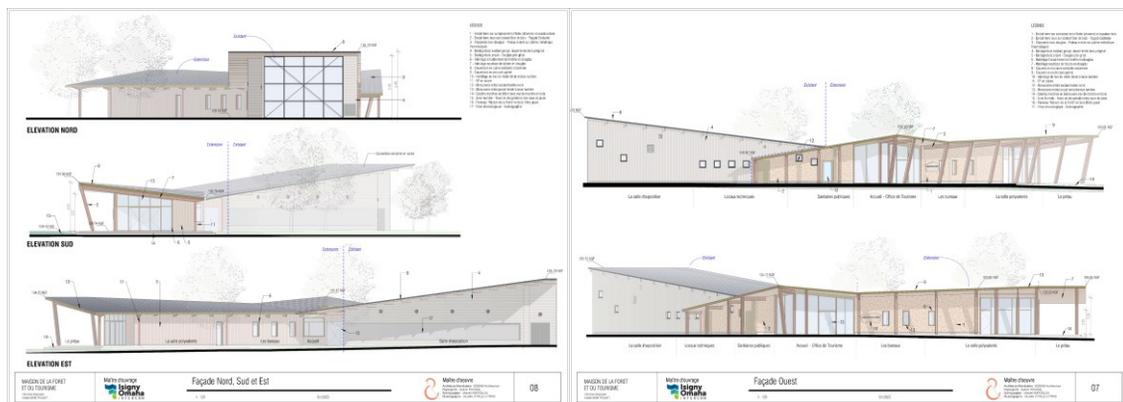
Démarche bioclimatique et écoconstruction

L'architecture a été pensée selon des principes bioclimatiques, ce qui signifie que le bâtiment s'adapte aux conditions climatiques et à son environnement. Sa forme coudée optimise la surface orientée sud et ouest, et donc les apports solaires. La mise en place d'une casquette solaire protège des rayons d'été tout en laissant passer les rayons rasants de l'hiver. Cette casquette sert aussi de auvent et abrite la terrasse.

Pour limiter l'impact environnemental de l'opération, la maîtrise d'ouvrage a opté pour des matériaux locaux et peu transformés : **le bois, le chanvre et la terre crue**. Les propriétés de ces

matériaux sont intéressantes pour maximiser le confort intérieur tout en minimisant les besoins énergétiques du bâtiment. Sa bonne isolation thermique lui permet de conserver la chaleur en hiver et la fraîcheur en été. L'emploi de matériaux biosourcés permet également de séquestrer du carbone durant toute la durée de vie du bâtiment.

Outre ses attraits écologiques et ses propriétés hygrothermiques, la mise en œuvre de la bauge ravive le souvenir d'une technique vernaculaire quelque peu oubliée, et cherche à rendre visible l'important patrimoine en terre crue de la région.



Conception technique

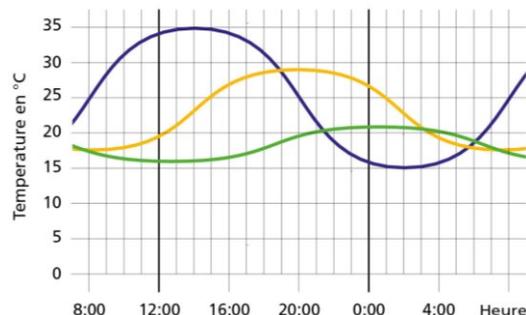
Isolation thermique

L'été, l'isolation en **laine de bois** et en **terre-chanvre projeté** garantit un déphasage thermique important (respectivement 8 et 10 heures). De plus, l'inertie thermique conférée par le **mur en bauge** est très importante. Celui-ci absorbe le flux de chaleur entrant et garantit une fraîcheur intérieure en toute circonstance. Pour un confort en hiver optimal, les murs et la toiture sont bien isolés, soit en laine de bois, soit avec un mélange terre-chanvre projeté. Une pompe à chaleur alimentée par sept sondes géothermiques fournit le bâtiment en chauffage.

Le bois, et surtout la terre crue, sont des **matériaux hygroscopiques** : ils régulent l'humidité intérieure. Cela garantit une atmosphère agréable été comme hiver, ni trop humide ni trop sèche ; le taux d'humidité relative optimal se situant autour de 55%.

Cette régulation hygroscopique joue aussi un rôle thermique. L'été, en stockant la vapeur d'eau la nuit et en la relarguant la journée, la température de la pièce est abaissée aux pics de chaleur. L'hiver, la faible effusivité des matériaux utilisés permet de garder une température de paroi chaude, et donc de couper l'effet de paroi froide. On estime que la température ressentie est la moyenne de la température des parois et de l'air ambiant. Ces matériaux réduisent d'autant plus la sensation de froid. L'hiver, avec un chauffage réglé à 19°C, la température ressentie est très confortable, ce qui permet des économies de chauffage remarquables !

Evolution de la température du toit avec différents types d'isolation



T° extérieure

T° de la face intérieure du toit avec isolant en fibre minérale

T° de la face intérieure du toit avec isolant en fibre de bois

Isolation acoustique

La maîtrise d'œuvre a dans un premier temps réalisé un diagnostic acoustique avec le bureau d'étude Art Acoustique, qui a permis de mettre en lumière les **problèmes de réverbération** de la salle d'exposition. Ce point est crucial puisque la Maison de la Forêt accueille un public nombreux.

Dans ce bâtiment, deux matériaux permettent de réduire au maximum la réverbération : les enduits terre crue couplés à une isolation terre-chanvre ainsi que des dalles de faux plafond en laine de bois, conçues pour **absorber les sons et limiter la réverbération**. Les dalles en laine de bois apportent une légère isolation thermique supplémentaire.

Le complexe des murs en terre est particulièrement efficace car la **structure caverneuse du chanvre** couplée à la masse de la terre crue forment un excellent isolant acoustique.

Techniques mobilisées

Structure poteau-poutre

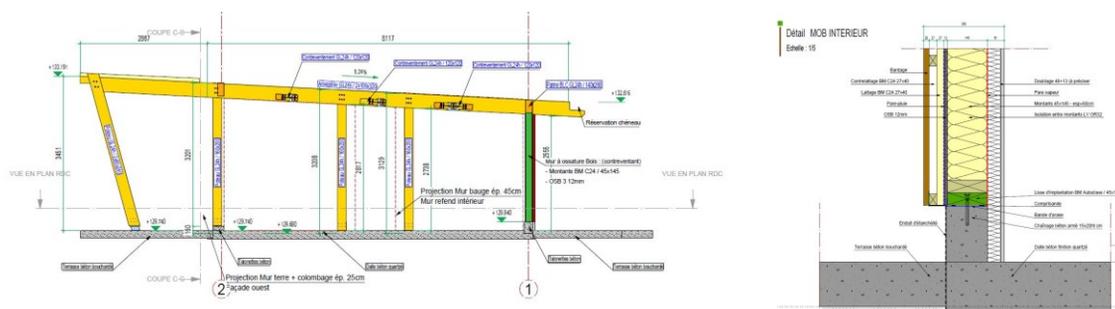
La structure de l'extension est une structure poteau-poutre réalisée en **bois massif abouté** (poteaux) et en **lamellé-collé de douglas** (poutres).

Le douglas provient de forêts labellisées PEFC. Cette essence de bois est naturellement durable : elle peut être employée sans traitement pour des usages extérieurs sans contact

permanent avec l'humidité (bardage, structure extérieure, menuiseries extérieures etc.). Les pannes qui complètent la charpente sont en épicéa massif traité classe 2 par trempage, provenant de forêts labellisées PEFC.

Cette architecture poteau-poutre permet une importante flexibilité en libérant de grands espaces intérieurs.

Détails ossature et mur ossature bois - © Bois 2 Bout Charpente



Enveloppe et ossature bois

Les montants de l'ossature sont en **douglas** et en **épicéa**. Au total, 10m³ de douglas et 8,5m³ d'épicéa sont mis en œuvre (charpente + ossature).

Au nord et à l'est, l'isolation des murs est assurée par de la **laine de bois** qui

présente un lambda de 0,04 W/mK. À l'ouest et au sud, les murs sont isolés par un **mélange terre-chanvre** projeté entre les montants. L'enveloppe du bâtiment est constituée soit par un **enduit terre-chaux** soit par un **bardage bois en douglas pré-grisé**.



Mur en bauge

A la suite d'une proposition conjointe de l'entreprise chargée du lot terre et de la maîtrise d'œuvre, les ouvrages en terre crue ont été réalisés à partir de terre provenant du site (à l'exception des briques de terre crue). L'extraction fût possible car les analyses sur site et la première phase de terrassement ont démontré que le site possédait une bonne quantité de terre argilo-calcaire, propice à la construction. La réalisation d'un mur-test en bauge a permis de corroborer ces analyses. Cette **terre à bâtir** doit être exempte de matière organique, elle est donc située sous la couche de terre végétale.

Malheureusement, les corps de métier (terrassement et gros œuvre) qui auraient pu extraire de la terre à bâtir ne l'ont pas mise de côté. **Cette situation illustre bien le manque de visibilité et la méconnaissance de ce matériau écologique dans la construction.** Un site d'extraction a donc été créé.

Pour obtenir une granulométrie adaptée à chaque technique, la terre a ensuite été tamisée.



La bauge est une technique vernaculaire très présente en Normandie, particulièrement dans la Manche, permettant d'ériger des murs porteurs en terre. Il s'agit d'un mélange de terre argileuse et de paille. Moins sensible à l'humidité que le pisé, cette technique est particulièrement adaptée à la région. Traditionnellement, la bauge est grossièrement montée à la fourche, puis la levée est découpée pour donner au mur sa forme finale. Plus récemment, des techniques de **bauge coffrée** se sont développées. Cependant, la contrainte du séchage reste prégnante : il aura fallu 3 mois pour ériger ce mur de 3 mètres de haut, à raison d'une levée de 80 cm toutes les 3 semaines.

Sur ce chantier, la terre provenait du site et la paille de Vaubadon (14). Les maçonnes ont mis en œuvre une bauge très peu humidifiée. Pour offrir une bonne cohésion au mur, le mélange a été foulé au pilon pneumatique. Cette technique originale, entre le pisé et la bauge, offre de nombreux avantages :

- **Le temps de séchage** est drastiquement réduit et les levées plus hautes. Sur ce chantier, deux levées d' 1,5 mètres ont été réalisées, mais il semble envisageable de raccourcir encore les délais de mise en œuvre en montant le mur d'une traite. Ce temps de séchage réduit permet une plus grande efficacité, rendant la bauge viable sur des chantiers d'ampleur contraints par le temps.
- **Le décoffrage** de la bauge est facilité car l'effet de succion est diminué.
- **L'ouvrage fend moins** au séchage car les argiles, moins gorgées d'eau, présentent un retrait plus faible.

Ici, le mur en bauge sert uniquement à contreventer l'ouvrage et à apporter de l'inertie au bâtiment. Cependant, il est à noter qu'un tel mur de refend aurait pu être porteur ! Sur une fourchette basse, un tel mur offre une résistance de 0,6 MPa, c'est-à-dire qu'un mur de 50 centimètres de large par 3 mètres de long peut reprendre une charge théorique de 91,7 tonnes.



Isolation en terre- chanvre projeté

Zone d'emploi : Façades sud et ouest

Fonction : Isolation et contreventement

Mise en œuvre : Le mélange terre-
chanvre est composé de barbotine (terre
tamisée avec de l'eau) et de chènevotte
(partie ligneuse de la tige de chanvre). La
chènevotte et la barbotine sont projetées
à l'aide d'une cardeuse. Le mélange se
fait directement sur le mur. La viscosité
de la barbotine doit être adaptée pour
bien enrober le chanvre. Le fond de
coffrage est une canisse de roseau, qui
servira de support d'enduits en intérieur.
Un lattage a été mis en place sur les
murs ossature bois afin de retenir le
mélange.

Propriétés et usages : $\lambda = 0,07W/mK$.
Pour 25cm d'épaisseur, ce remplissage
isolant permet d'atteindre un R de
 $3,6K^2/W$. Sa faible effusivité et son
comportement hygroscopique
garantissent un très bon confort
thermique et une bonne synergie avec le
bois.



Enduits en terre

Zone d'emploi : Finitions intérieures et
extérieures sud et ouest

Fonction : Étanchéité à l'eau et à l'air

Mise en œuvre : Les enduits sont
composés de sable extrait à Bayeux et
de terre finement tamisée pour
maximiser la proportion d'argile. Pour les
enduits extérieurs, on y ajoute de la
chaux. Le mélange est réalisé dans une
bétonnière, puis projeté mécaniquement
sur les murs et dressé à la taloche.

Propriétés et usages : Apprécies pour
leur rendu esthétique, les enduits terre
garantissent le bon comportement du
mur d'un point de vue thermique et
hygrique grâce à leur perméabilité à la
vapeur d'eau et leur capacité de
régulation hygrométrique. En intérieur, la
continuité de l'enduit offre une bonne
étanchéité à l'air et permet de
s'émanciper de pare-vapeur notamment.
En extérieur, l'ajout de chaux offre une
meilleure résistance à l'érosion et à la
pluie.



Briques de terre crue

Zone d'emploi : Banc et comptoir d'accueil

Fonction : Structure et parement du mobilier

Mise en œuvre : Les briques de terre crue ont été produites par l'association Enerterre, situé dans la Manche, et mises en œuvre par un maçon professionnel. Les briques sont moulées à partir d'un mélange de terre tamisée et de fibres végétales. Ici, on a utilisé du miscanthus. Le mélange est constitué de 3 volumes de terre pour 1 volume de miscanthus. La terre provient de Lieusaint et le miscanthus de Saint-Sauveur-Lendelin, également dans la Manche.

Le mortier, qui a pour fonction de transférer les charges verticalement et d'assurer une cohésion d'ensemble, est obtenu à partir d'un mélange de terre du site et de sable.

Propriétés et usages : Les briques de terre crue permettent d'ériger des structures porteuses ou de cloisonnement. Cette technique permet de réaliser un aménagement intérieur de faible épaisseur qui agit comme un régulateur hygrométrique et participe du confort intérieur du bâtiment.

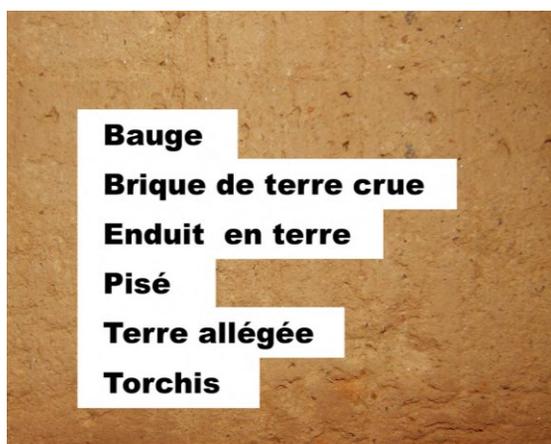
La dimension esthétique des briques de terres crues fait qu'elles se passent très bien d'un enduit supplémentaire.





Règlementation

Pour appréhender la construction en terre crue, le **guide des bonnes pratiques** est un document incontournable. Ce document, qui n'a pas de valeur normative, permet « aux acteur·rices de disposer d'un corpus technique favorisant les échanges entre eux et l'assurabilité de leurs réalisations comportant de la terre crue. »



Guide des bonnes pratiques de la construction en terre crue

Approbation du 15 octobre 2020

Sous la direction de la Confédération de la
construction en terre crue.



Confédération
terre crue

Sur le projet de la Maison de la Forêt, les acteur·rices n'ont pas rencontré de contrainte normative particulière, la terre n'étant pas employée comme technique structurelle. Le bureau d'étude thermique a caractérisé le pouvoir isolant du terre-chanvre ($\lambda = 0,07\text{W/mK}$) à l'aide des préconisations pour la terre allégée présentes dans le guide des bonnes pratiques.

Un complexe en terre-chanvre est classifié **inflammable** (certification Cofrac B-s1-d0). De plus, les enduits en terre crue sont classifiés **incombustible** (A1) par l'arrêté du 21 novembre 2002 relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement (voir annexe 3). De ce fait, la tenue au feu d'un complexe terre-chanvre enduit est très bonne et a été validée par le bureau de contrôle (Veritas).

La filière terre en Normandie

Aujourd'hui, la filière terre crue se structure à l'échelle régionale. On dénombre, réparti-es sur les cinq départements, pas moins de **45 artisan-es** sachant mettre en œuvre la terre ainsi qu'**une dizaine d'agences** d'architecture ayant déjà conçu au moins un projet architectural à base de terre.

La question de la ressource reste un frein récurrent. Lorsque la terre du terrain n'est pas compatible avec la technique envisagée, il est possible d'acheter :

- de la **terre « brute »** auprès des carrières ou des briqueteries ;
- du **torchis sous forme de mélange « prêt à l'emploi »** auprès de briqueteries ou d'entreprises ;
- des **blocs de terre comprimés (BTC)** ainsi que des **briques moulées (adobes)** auprès de petites chaînes de production comme Enerterre.

Toutefois, ces solutions sont intéressantes à condition que le chantier se situe à proximité du lieu d'approvisionnement pour éviter les kilomètres parcourus.



Concernant le sujet de la formation, le GRETA de Coutances est le seul organisme à l'échelle de la région proposant aux artisan-es d'appréhender le matériau terre. L'École Nationale Supérieure d'Architecture de Normandie initie, quant à elle, les jeunes architectes aux matériaux bio et géo sourcés. Plus récemment, l'ARPE Normandie a mis en place une formation courte d'une journée à destination des architectes, des bureaux d'études, des bureaux de contrôle et des OPC. Quelques associations locales organisent également des initiations (sous forme de chantiers participatifs) ouvertes aux particuliers. Compte tenu du dynamisme de cette filière, l'offre de formation risque de rapidement évoluer et se développer.

L'intérêt pour ce matériau est grandissant et **il est indispensable de bien se faire accompagner** pour éviter les contre-exemples. La liste des acteur-ices est régulièrement mise à jour sur la cartographie du site internet de l'ARPE Normandie.

Pour aller plus loin

Websérie « La Maison de la forêt, un établissement public en terre crue en Calvados »

<https://www.youtube.com/watch?v=-yqogPNQZmY>

Guide des bonnes pratiques de la construction en terre crue

<https://cloud.conf-terrecrue.org/s/BiDHyrCr3n4iJo>

Guide des éco-matériaux normands

https://arpenormandie.org/wp-content/uploads/2024/04/ARPE_Guide-desecomateriaux_2020.pdf

Guide « Les matériaux de construction biosourcés dans la commande publique »

https://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/202004_guide_materiaux_biosources_et_commande_publique_dgaln.pdf

La filière chanvre

<https://arpenormandie.org/le-chanvre/>

La filière terre

<https://arpenormandie.org/la-terre/>

Projet Maillons – Phase 1 « Sourçage »

<https://arpenormandie.org/ami-cpier-maillons/phase-1-sourçage/>

Projet BioBat – Recherche participative sur les éco-matériaux normands

<https://arpenormandie.org/nos-projets/le-projet-biobat/>

Rédaction : Mathis LEROY (ARPE Normandie)

Conception graphique : Roxane CHARDOT (ARPE Normandie)

Crédits photos : Clémence LEMARIÉ (&Sens Architecture), Julien LUCAS (Bâtir en Terre), Carole LEMANS, Mathis LEROY, P.COSNE (Normandie Tourisme), Parc Naturel des Marais du Cotentin et du Bessin, Anibas Photography

Éléments graphiques : Steico, Bois 2 Bout Charpente

Avec le soutien financier de :



Association Régionale de Promotion de l'Ecoconstruction en Normandie

7 rue Daniel Huet - 14000 Caen - 02 31 34 57 24 • www.arpenormandie.org • contact@arpenormandie.org