

# Crèche en bottes de paille Muël (35)

Neuf



## Retour d'expérience

Matériaux biosourcés  
Marché public  
Travaux participatifs  
Accompagnement BRUDED  
Projet LIBNAM



# Sommaire



Enduits terre  
© Constructys Bretagne

## CRECHE - MUEL

Pays de Brocéliande  
Non résidentiel  
Année livraison : 2014  
Nature des travaux : Neuf

SHON RT : 429,96 m<sup>2</sup>

MOA : Communauté de communes de  
Saint-Méen-le-Grand  
MOE : Jean-Pierre Ingrand architecte  
BE fluides et thermique : Fluditec

Coût de construction  
634 198 € HT  
soit 1 518 € HT /m<sup>2</sup> de surface  
Coût Total (construction + conception):  
687 409 € HT  
soit 1 598,7 € HT/m<sup>2</sup> SHON RT



**LIBNAM**

### SYNTHESE

p 2

Contexte  
Difficultés et Enseignements  
Facteurs de réussite  
Témoignage

### DESCRIPTION

p 3

Mode constructif  
Enveloppe  
Systèmes  
Focus technique : la paille de construction

### TERRITOIRE ET SITE

p 6

Urbanisme  
Bioclimatisme

### ENERGIE / CLIMAT

p 7

Besoins énergétiques  
Energies renouvelables  
Mesures et évaluation

### EAU

p 8

Gestion des eaux de pluie

### DECHETS

p 8

Cycle de vie du bâtiment  
Déchets de chantier et recyclage  
Déchets d'activité

### CONFORT / SANTE

p 9

Qualité de l'air intérieur  
Bien être des occupants  
Ergonomie et accessibilité

### SOCIAL / ECONOMIE

p 10

Coût de construction  
Coût de conception  
Financement  
Chantier

### GOVERNANCE

p 11

Définition des besoins  
Mobilisation en phase construction

### INTERVENANTS

p 11

# Synthèse

## CONTEXTE

La Communauté de Communes du Pays de Saint-Méen Montauban a décidé de construire un établissement d'accueil pour la petite enfance afin de répondre à un manque d'infrastructures de cette nature sur le territoire. Cette décision fait suite à une étude menée en 2010 qui a conduit la Communauté de communes à mettre en place un plan d'investissement en faveur de la Petite Enfance. La commission petite enfance a proposé que le bâtiment comporte 90% de matériaux naturels, si possible locaux, pour réduire l'impact environnemental et préserver la qualité de l'air intérieur.

## DIFFICULTES ET ENSEIGNEMENTS

Dans les marchés publics, les contraintes administratives et réglementaires pèsent sur les projets en éco-construction. Par exemple, le cahier des charges de ce chantier conditionnait 40% de la notation à la « dimension environnementale ». Il a fallu le justifier, compte tenu d'écart de prix atteignant 30% sur certains lots.

De même, recycler l'eau de pluie pour les WC ou le lavage des couches lavables devra nécessiter l'accord de l'Agence Régionale de Santé. Afin d'assurer le chantier, il a fallu expliquer le projet à la société d'assurance ainsi qu'au bureau de contrôle. Il a aussi fallu garantir à la DIRECCTE que les citoyens qui prendraient part à des travaux participatifs interviendraient en qualité de bénévoles et agiraient dans de parfaites conditions de sécurité (ex : pas de travaux en hauteur).

Pour les travaux en paille, très peu de professionnels étaient assez structurés pour répondre à un appel d'offres public. En dehors d'«auto-entrepreneurs » ou de « travailleurs occasionnels du bâtiment », le personnel formé reste limité. Les salariés de l'entreprise retenue pour le lot « paille », ont dû se professionnaliser pendant une année, au Québec (technique GREB) pour justifier de savoir-faire suffisants. Ils ont aussi suivi des stages courts proposés par le Réseau Français de Construction en Paille.

Par rapport à un chantier ordinaire, de nombreux échanges en amont ont été nécessaires entre l'entreprise de « paille » et celle de charpente, avec plusieurs plans de détail pour adapter l'ossature aux bottes.

Sur le plan technique, le plus grand point de vigilance n'a pas été la paille mais plutôt le risque de condensation en toiture. L'entreprise de charpente aurait privilégié des panneaux de bois, sans contact avec une paroi froide. Cependant, le bureau de contrôle a constaté que la ventilation était suffisante et que le pare-vapeur possédait un fort coefficient Sd



Pose d'éléments préfabriqués  
© Servane Guihaire - Constructys Bretagne

## FACTEURS DE REUSSITE

Grâce à la conviction des élus, et notamment du maire de Muel qui avait déjà porté des projets intégrant des matériaux naturels, le bâtiment a pu être construit avec des bottes de paille, du bois et de la terre argileuse. Le cahier des charges de l'architecte préconisait ainsi la mise en oeuvre de 90% de matériaux naturels.

Afin d'accueillir 12 enfants dans les meilleures conditions, une démarche de concertation a permis de recueillir les attentes de toutes les parties prenantes. Les habitants ont également pu prendre part à un chantier participatif.

## TEMOIGNAGE

"La communauté de communes a souhaité faire un équipement exemplaire en termes de qualité environnementale et de bien-être pour les enfants. Nous souhaitons que le projet serve aussi à sensibiliser les habitants du territoire."

Marcel Minier, Vice-Président de la communauté de communes, maire de Muel.

# Description

## MODE CONSTRUCTIF

Le système retenu est une structure mixte ossature bois et poteaux-poutre reposant sur un surbot maçonné. Elle n'est pas contreventée par des panneaux mais avec des croix de Saint-André en bois massif (douglas) pour permettre la pose d'enduit des deux côtés de la paroi.

Pour les zones à vivre, l'ossature est isolée avec des bottes de paille, les pièces techniques et la toiture sont isolées en ouate de cellulose.



Mur en paille avant enduit de finition avec contreventement par des croix de Saint-André  
© Servane Guihaire - Constructys Bretagne



Structure bois  
© Servane Guihaire - Constructys Bretagne

## ENVELOPPE

|                                     | Composition   | Epaisseur (cm)             | U (W/m <sup>2</sup> .K) |
|-------------------------------------|---|----------------------------|-------------------------|
| <b>Plancher sur terre-plein</b>     | dalle béton / polyuréthane projeté / chape béton  | 12 / 12 / 6                | 0,206                   |
| <b>Mur extérieur paille</b>         | enduit chaux sable + enduit terre / paille + ossature bois / paille / enduit terre              | 5 / 22 / 23 / 4            | 0,173                   |
| <b>Murs extérieur ossature bois</b> | steico universal / OSB / ouate de cellulose + ossature bois / lame air ventilée / plaque plâtre | 1,8 / 0,9 / 22 / 4,4 / 1,3 | 0,172                   |
| <b>Toiture</b>                      | ouate de cellulose + ossature bois / OSB  | 30 / 1,8                   | 0,145                   |
|                                     | Fenêtres mixtes bois/aluminium  |                            | Uw = 1,5<br>Sw = 0,47   |
|                                     | Portes fenêtres mixtes bois/aluminium   |                            | Uw = 1,3<br>Sw = 0,52   |
| <b>Menuiseries</b>                  | Fenêtres de toit  | -                          | Uw = 1,4                |
|                                     | Portes d'entrées vitrées  |                            | Ud = 1,9                |
|                                     | Portes pleines extérieures  |                            | Ud = 1,8                |

## SYSTEMES

| Nature           |   |
|------------------|---|
| <b>Chauffage</b> | Chaudière à granulés de bois alimentant un plancher chauffant basse température<br>P = 15 kW avec un rendement de 95,7 %  |
| <b>VMC</b>       | Double flux avec échangeur à haut rendement, débits de 1500 m <sup>3</sup> /h en occupation et coupure en inoccupation<br>Simple flux pour les locaux à pollutions spécifiques (sanitaires, buanderie, salle de change, plonge, biberonnerie), débits de 200 m <sup>3</sup> /h en continu |
| <b>ECS</b>       | Capteurs solaires thermiques<br>S = 6 m <sup>2</sup>  |

Afin d'assurer la pérennité de l'isolant placé en toiture plate, un calcul de point de rosée a été effectué pour 3 types d'isolation :

| Type de toiture  | Résistance thermique (m <sup>2</sup> ·°K/W) | Risque de condensation dans la paroi | Condensat. maximum cumulée (kg/m <sup>2</sup> ) | Densité (kg/m <sup>3</sup> ) |
|--|---|--------------------------------------|---|------------------------------|
| plaque de gypse / pare-vapeur (SD = 20 m) / ouate de cellulose entre montants d'ossature bois / OSB / membrane OPDM                                  | 7,52  | élevé                                | 0,023   | 192                          |
| plaque de gypse / pare-vapeur (SD = 20 m) / ouate de cellulose entre montants d'ossature bois / OSB / pare-vapeur (SD = 150 m) / PSE / membrane OPDM | 7,58  | inexistant                           | 0   | 142                          |
| plaque de gypse / pare-vapeur (SD = 150 m) / ouate de cellulose entre montants d'ossature bois / OSB / membrane OPDM                                 | 7,52  | inexistant                           | 0   | 192                          |

La première solution génère une condensation dans l'isolant qui s'inverse en période estivale pour s'échapper vers l'intérieur. C'est la troisième solution qui a été retenue.

## FOCUS TECHNIQUE : LA PAILLE DE CONSTRUCTION

Une partie de l'isolation du bâtiment est en bottes de paille. La paille utilisée (triticale) a été cultivée sans herbicides ni pesticides, dans une commune voisine. Elle a été bottelée puis stockée pour séchage pendant 1 an dans un hangar bien ventilé avec un débord de toiture pour éviter qu'elle ne prenne la pluie. 450 bottes de 30 x 40 x 90 cm ont été utilisées. Leur densité, leur taille, leur poids et leur taux d'humidité (20% maximum) ont été vérifiés.

Le calepinage de l'ossature a dû prendre en compte la dimension moyenne du "paillé". Ainsi l'écart entre les montants de l'ossature est inférieur à la largeur des bottes de façon à compresser celles-ci à l'horizontal. Une compression verticale a été exercée en plus, grâce à un système de cales et de vérins hydrauliques. L'isolant est donc stabilisé dans l'ossature. Les normes ont été respectées, en référence aux règles professionnelles de construction en paille. Par exemple, la 1<sup>ère</sup> rangée de bottes a été posée à plus de 30 cm au-dessus du sol naturel.



L'enveloppe a été refermée rapidement pour éviter l'intrusion d'éventuels rongeurs. Avec une compression suffisante et des grilles anti-rongeur correctement fixées, le risque est maîtrisé, d'autant que la paille est presque entièrement dépossédée de ses graines. Le risque d'incendie est quasi inexistant car les bottes de paille contiennent très peu d'oxygène. En revanche, pendant le chantier, la propreté est de mise afin d'éviter l'éparpillement de brindilles. Quoiqu'il arrive, aucun matériel à flammes ne peut être utilisé pendant la mise en œuvre.

La paille est un matériau assez éprouvant à mettre en œuvre, exigeant beaucoup de manutentions et elle doit être appliquée de préférence l'été. La filière d'approvisionnement gagnerait encore à se structurer tout en prenant en compte les besoins en paille du monde agricole, importants en Bretagne. L'entreprise Echopaille, sélectionnée pour ce chantier, s'approvisionne principalement auprès de paysans- boulangers, qui ne font aucun usage de la paille après la moisson.

# Territoire et site

## URBANISME

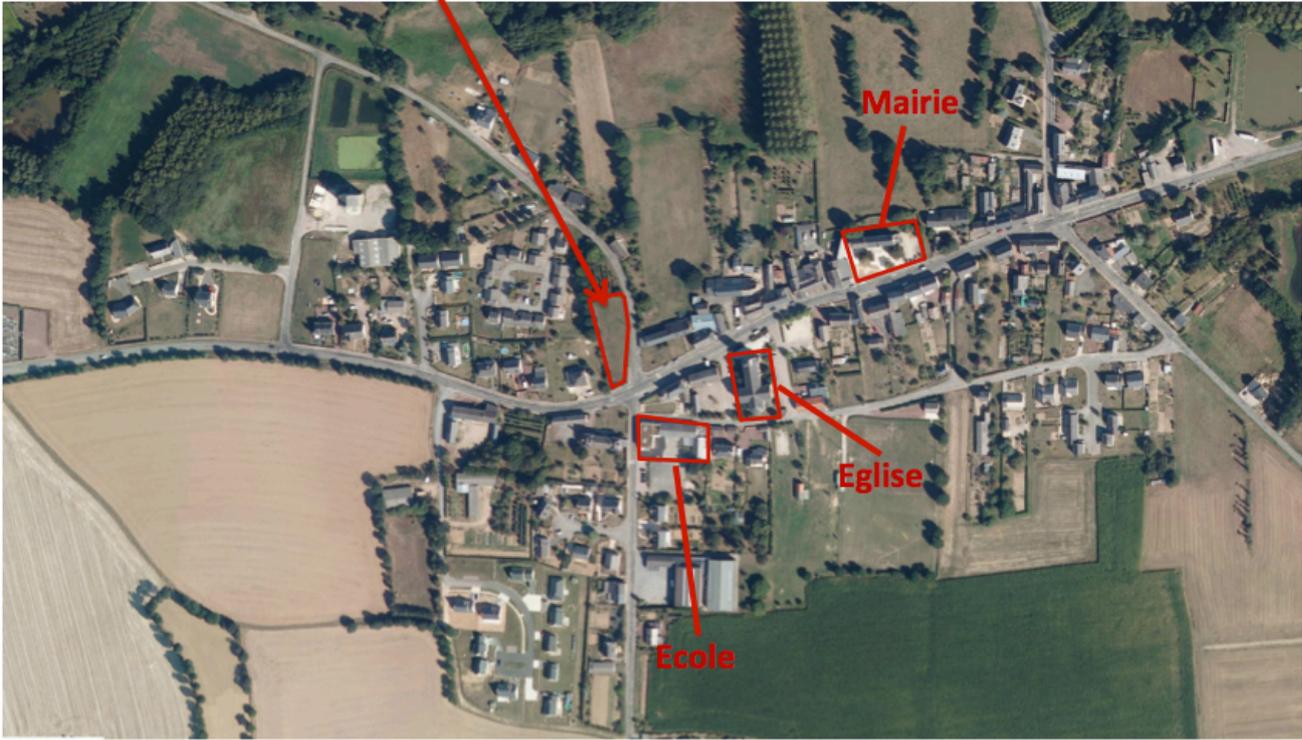
La Communauté de communes de Saint-Méen-le-Grand a fait le choix d'implanter le centre multi-accueil à Muel pour son caractère central au sud du canton et pour répondre au besoin des familles des communes environnantes. Le Plan Local d'Urbanisme de Muël avait prévu une parcelle dédiée à cet équipement.

## BIOCLIMATISME

Le site, sur lequel la crèche de 400 m<sup>2</sup> a été édifée, est une parcelle de 2386 m<sup>2</sup> située au centre de ce bourg de 880 habitants. Il ne comporte pas de masque solaire et a permis l'orientation du bâtiment au sud.

 **Etablissement d'accueil des jeunes enfants** 

- Localisation du projet sur la commune de Muel



# Énergie / Climat

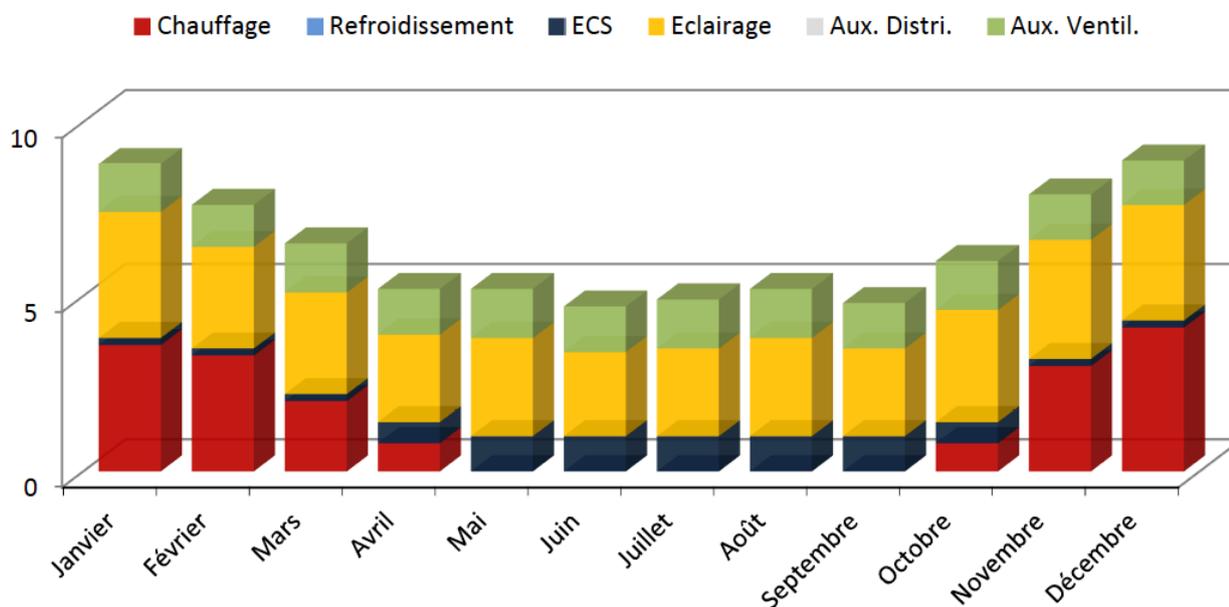
## BESOINS ENERGETIQUES

### Résultat de l'étude thermique RT 2005

|                    | Projet | Max    | Gain en % |
|--------------------|--------|--------|-----------|
| Ubât               | 0,376  | 0,732  | 48,6      |
| Cep RT 2005        | 41,88  | 118,91 | 64,7      |
| Cep BBC EFFINERGIE | 41,88  | 55     | 23,8      |
| TIC                | 24,01  | 29     | 17,2%     |

### Résultat de l'étude thermique RT 2012

|  | Projet | Max  | Gain en % |
|--|--------|------|-----------|
| BBio   | 63,7   | 99   | 36 %      |
| Cep  | 75,7   | 93,5 | 19 %      |
| Etanchéité à l'air (Q4) - valeur mesurée par un test | 0,46   | 0,6  | 23 %      |



Consommations annuelles par poste (kWh/m<sup>2</sup>.an) © Fluditec

Le coût du chauffage seul est estimé à 760€/an.

Des sondes de détection de présence permettent d'optimiser l'utilisation de l'éclairage et limiter les consommations dans les pièces où l'occupation n'est que passagère (circulation, accueil, sanitaires). Les grandes surfaces vitrées de la salle de vie et de l'espace de jeux permettent de profiter d'un éclairage naturel important et de limiter les besoins d'éclairage artificiel.

## ENERGIES RENOUVELABLES

Des panneaux solaires thermiques assurent une partie de la production d'eau chaude. Dans la pratique, il s'avère que le réseau d'eau chaude solaire reliant les panneaux au ballon assure aussi une partie du chauffage du bâtiment. Une étude est en cours pour corriger ce défaut.

## MESURES ET EVALUATION

L'entreprise Echopaille utilise ce bâtiment comme référence et a installé des capteurs dans la paille pour étudier les évolutions de température et d'humidité. Ces données sont accessibles sur internet par les membres du réseau Compailleurs. Ce suivi est particulièrement attendu pour la buanderie car on dispose de peu de recul sur la régulation de l'humidité dans ce type de locaux en construction paille.

# Eau

## GESTION DES EAUX DE PLUIE

Une citerne de récupération d'eau de pluie de 5 m<sup>3</sup> est prévue pour l'arrosage du jardin et le lavage du local à poubelles. Elle a été dimensionnée pour permettre l'alimentation des sanitaires si la réglementation le permet dans un avenir proche.

# Déchets

## CYCLE DE VIE DU BATIMENT

L'**empreinte écologique du bâtiment** a été une vraie préoccupation pour la maîtrise d'ouvrage qui a souhaité privilégier des **ressources locales ou recyclées** :

- L'ossature bois provient de la scierie de Merdrignac, à 25 km du site, qui s'approvisionne en bois breton ou de l'ouest de la France
- Le bardage en bois (Epicéa de pays) est également produit en Bretagne, à Saint-Nicolas-du-Tertre (56);
- La paille utilisée en isolation est issue d'une exploitation située à Saint-Onen-la-Chapelle (35) qui pratique une agriculture raisonnée, il s'agit de paille de blé triticale. Pendant le séchage, elle a été stockée à Mauron (35), une commune voisine située à 7 km du chantier
- La terre destinée aux enduits a été directement prélevée sur le site puis stockée par l'entreprise pour être tamisée et pigmentée avant d'y ajouter de la chaux
- La ouate de cellulose est produite par l'entreprise Cellaouate, située à Morlaix (29), à partir de journaux recyclés
- La membrane d'étanchéité en toiture est produite à base de pneus recyclés.

## DECHETS DE CHANTIER ET RECYCLAGE

Une attention particulière a été portée à la propreté du chantier, notamment lors de la mise en oeuvre de la paille pour limiter le risque d'incendie. Une fois la botte mise en oeuvre et tassée, sa résistance au feu est très bonne, mais les déchets qui traînent au sol restent très inflammables.

## DECHETS D'ACTIVITE

Les retours d'expériences partagés avec d'autres structures du département ont convaincu le maître d'ouvrage de s'orienter vers l'utilisation de couches lavables.

# Confort / Santé

## QUALITE DE L'AIR INTERIEUR

Le choix de matériaux naturels pour la structure contribue à assurer une bonne qualité de l'air intérieur. La maîtrise d'ouvrage a exigé le respect des règles professionnelles de la construction paille publiées en 2012 pour éviter de gérer des spécificités inhérentes à la mise en oeuvre de "techniques non courantes".

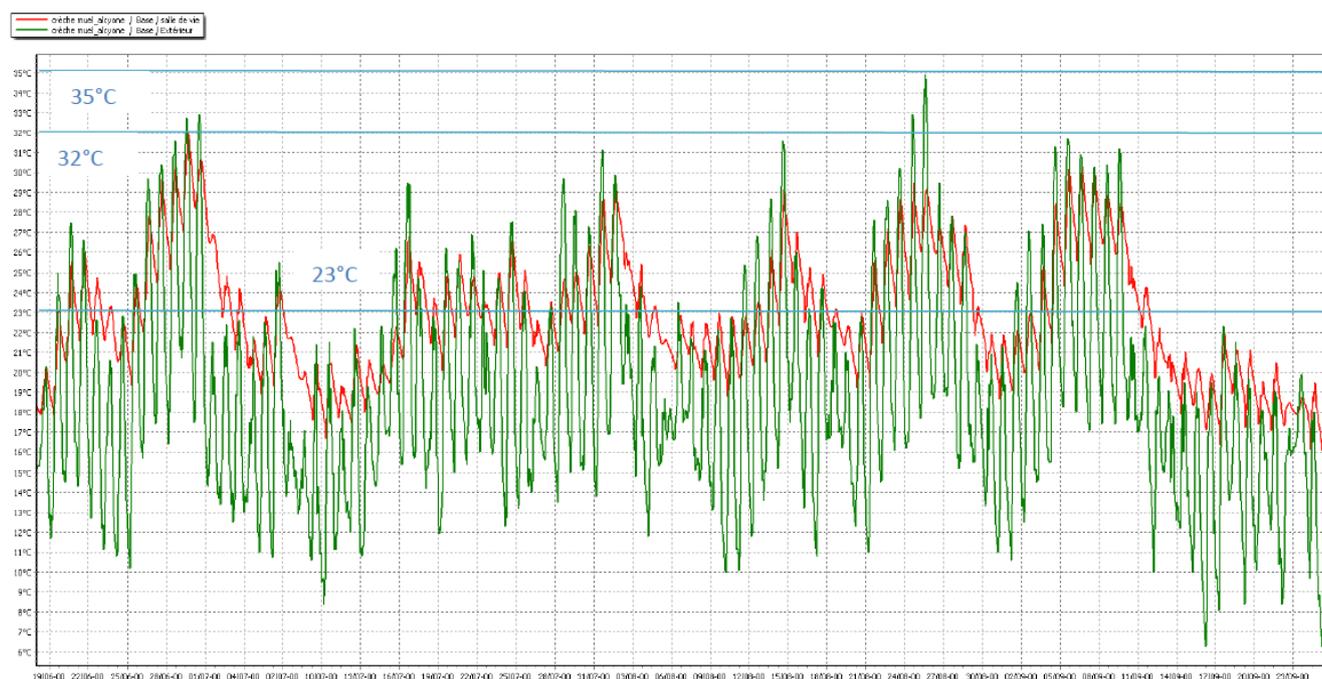
Au delà de l'enveloppe du bâtiment, les revêtements de sol sont en latex dans les salles d'activité et marmoleum dans les chambres. Le mobilier en bois massif participe à la faible émission de polluants dans l'air intérieur.

## BIEN ETRE DES OCCUPANTS

### Confort thermique

Une simulation thermique dynamique a permis de calculer quelques indices. Le taux d'inconfort est relativement faible : le nombre d'heures pendant lesquelles la température est inférieure à 17°C ou supérieure à 27°C en période d'occupation est le plus important pour la salle de vie avec 79h sur l'année, essentiellement en période estivale.

La simulation de la température dans la salle de vie montre qu'elle est moins élevée et de moindre amplitude que la température extérieure. Ce comportement est caractéristique des bâtiments dotés d'une bonne inertie.



Température de la salle de vie (rouge) et température extérieure (vert) entre le 19 juin et le 23 septembre @ Fluditec

## ERGONOMIE ET ACCESSIBILITE

Le bâtiment a volontairement été conçu de plain-pied pour en faciliter l'accès aux parents et jeunes enfants et contribuer ainsi à leur bien être à l'intérieur des locaux.

# Social / Économie

## COUTS DE CONSTRUCTION

| Lots                               | Coût en € HT   |
|------------------------------------|----------------|
| Gros-Oeuvre                        | 50 153         |
| Charpente - Couverture - Isolation | 150 413        |
| Paille - Enduits terre et chaux    | 35 755         |
| Menuiseries                        | 76 983         |
| Serrurerie                         | 34 577         |
| Cloison - Doublage                 | 49 179         |
| Revêtement de sols souple          | 41 881         |
| Peinture                           | 12 929         |
| Plomberie - Sanitaires             | 86 433         |
| Electricité                        | 29 780         |
| Terrassement VRD                   | 58 378         |
| Terrain viabilisé                  | 7 735          |
| <b>Total</b>                       | <b>634 198</b> |

## COÛT DE CONCEPTION

| Missions            | Coût en € HT  |
|---------------------|---------------|
| Etudes et contrôles | 14 863        |
| Maîtrise d'oeuvre   | 38 350        |
| <b>Total</b>        | <b>53 213</b> |

## FINANCEMENT

Le projet a été financé à hauteur de 520 000 € par la CAF, le Conseil Général d'Ille-et-Vilaine, le Conseil Régional, l'Union Européenne, l'Etat et le Pays de Brocéliande.

## CHANTIER

Afin de sensibiliser la population au développement durable, la collectivité a invité les habitants à participer à la pose de bottes de paille (7 jours) et à l'enduisage des parois en terre (5 jours). L'objectif était notamment d'impliquer les parents des enfants qui seront accueillis dans les locaux. En concertation avec l'assureur et les services de la Direction du travail (DIRECCTE) une convention, précisant le périmètre de l'intervention, la nature des outils utilisés et mentionnant qu'il s'agissait d'un chantier bénévole, a été signée avec les participants.

# Gouvernance

## DEFINITION DES BESOINS

Afin de recruter la maîtrise d'oeuvre, un cahier des charges a été rédigé en s'appuyant sur les expériences d'autres inter-communalités. Le [réseau BRUDED](#) a accompagné cette démarche grâce à son expérience sur des projets similaires (démarche développement durable de la Communauté de communes du Val d'Ille, construction d'ERP en paille des communes de Mouais et Silfiac,...). Des visites ont été organisées toujours en lien avec BRUDED et ont permis de préciser les besoins en surface. Les chargés de mission enfance de la Communauté de communes ont rédigé un cahier des charges préconisant l'utilisation de 90% de matériaux naturels auprès de la maîtrise d'oeuvre.

Dans son règlement de consultation, le maître d'ouvrage a défini des coefficients de pondération de la note technique qui lui conférait presque autant de valeur que le seul critère du prix.

L'intégration des utilisateurs dès la période de conception facilite la compréhension du fonctionnement du bâtiment. L'équipe dirigeante fait ensuite passer les messages auprès de ses collaborateurs.

## MOBILISATION EN PHASE CONSTRUCTION

Le choix de l'architecte s'est porté vers une équipe resserrée avec une première expérience dans la construction d'un ERP en paille. Le bureau de contrôle a lui aussi été retenu sur la base d'un cahier des charges spécifique afin de l'associer aux principales phases de conception. Au sein de la collectivité, le chargé de mission enfance et le responsable des services techniques ont travaillé en étroite relation en assurant une coordination efficace entre les usagers et les techniciens.

La maîtrise d'ouvrage souhaitait que le projet serve aussi à sensibiliser les habitants du territoire à l'éco-construction. Deux chantiers participatifs ont ainsi été organisés, le premier pour la pose de la paille et le second pour l'application des enduits. La communauté de communes s'est rapprochée de la DIRRECTE pour s'assurer que toutes les dispositions étaient prises en termes d'assurance et pour éviter que cette démarche puisse être assimilée à du "travail au noir".

# Intervenants

| Lots                   | Entreprises                                  |
|------------------------|--|
| Gros-Oeuvre            | SBK (Tremorel - 22)                          |
| Charpente - Couverture | BRIERO (Mauron - 56)                         |
| Enduits terre et chaux | TOTEM / TERRE ET COULEUR (Saint-Gonlay - 35) |
| Paille                 | ECHO PAILLE (Larré - 56)                     |
| Menuiseries            | CARISSAN (Saint-Méen-Le-Grand - 35)          |
| Serrurerie             | DSJ (Trémeur - 22)                           |
| Cloison - Doublage     | BROCELIANDE SARL (Saint-Abraham - 56)        |
| Revêtements de sol     | HERVE DECO (Lailly - 56)                     |
| Peinture               | BARBEDOR (Saint-Gilles - 35)                 |
| Plomberie - Sanitaires | GR ENERGIE (Merdrignac - 22)                 |
| Electricité            | IRCE (Médréac - 35)                          |
| Terrassement VRD       | COLAS (Loudéac - 22)                         |

# GRILLE D'ANALYSE

## DU RÉSEAU BRETON BÂTIMENT DURABLE

Les fiches retour d'expériences sont rédigées à partir d'une grille d'analyse de réalisation, outil conçu sous l'impulsion du Réseau Breton Bâtiment Durable avec les acteurs régionaux de la construction et rénovation durable.

L'objectif était d'élaborer collectivement un outil d'analyse technique pour l'appliquer à un panel varié de réalisations (logements, bâtiments non résidentiels, en construction neuve ou en réhabilitation).

On ne cherche pas à apporter une réponse à l'ensemble des rubriques de la grille, mais plutôt à inciter sur les points qui ont donné lieu à un traitement particulier et pour lesquels il semble important de partager une expérience, une démarche et les résultats obtenus.



**Réseau Breton Bâtiment Durable**  
Cellule Économique de Bretagne  
7 Bd Solférino  
35000 Rennes



02 99 30 65 54



contact@reseau-breton-batiment-durable.fr

[www.reseau-breton-batiment-durable.fr](http://www.reseau-breton-batiment-durable.fr)



@ReseauBretonBD

Partenaires de  
nos actions :



Mission  
portée par :



Membre du  
réseau BEEP :

