

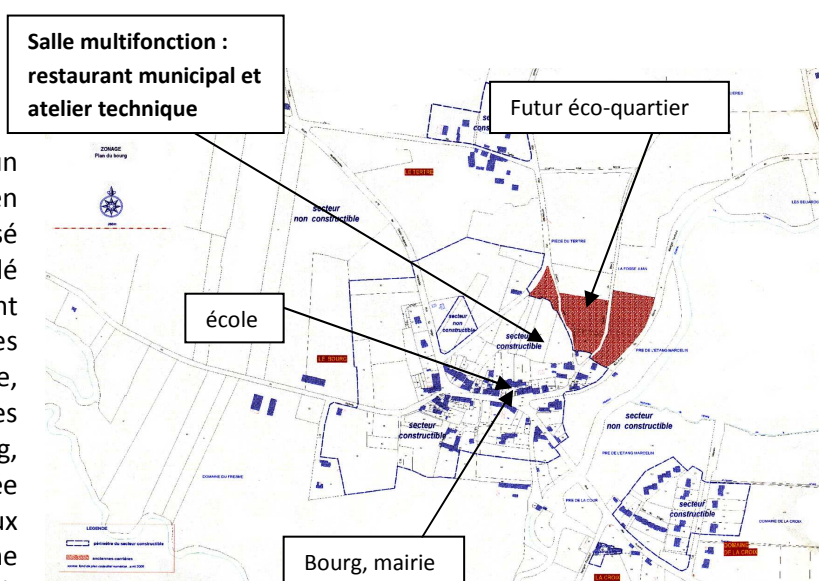


Mouais : chantier d'insertion, de formation et d'habitants pour une salle multi-fonction passive en bois, paille et terre

Contact : Yves Daniel - maire - tél : 02 40 07 73 41 – mail : mairie.mouais@wanadoo.fr

> Un projet mûri de longue date, intégrée dans une stratégie communale

La commune de Mouais, 376 habitants, la 2^{ème} moins peuplée du département de Loire Atlantique, a réfléchi son développement à l'échelle de 30 ans, sur la base d'un schéma de développement réalisé en 1997 puis d'un schéma directeur réalisé en 2009. Le conseil municipal a décidé de s'orienter vers le développement d'un tourisme rural durable où ici des éléments patrimoniaux (chapelle, moulin, palis, manoir...), ici des éléments naturels (chemins, étang, bocage, 20% de la surface est cultivée en bio...) se mêlent avec les nouveaux projets de vie de la commune (écoquartier, passage à gué, signalétique-jeu de piste artistique...).



La salle, ouverte sur le sud, tout en étant protégée de la chaleur d'été par un pare-soleil

La salle multifonctions entre ruralité des matériaux utilisés (bois, paille, terre...) et modernité de la conception (étanchéité à l'air, géothermie pour le chauffage...) est une partie intégrante de ce projet communal ; avec la volonté forte qu'elle soit faite pour les habitants de la commune, trait d'union entre le futur éco-quartier et le bourg, et construite par des hommes du territoire.

Le projet de salle répond à une réelle demande : jusqu'alors, toutes les manifestations couvertes, cérémonies, fêtes et autres réunions se tenaient dans la petite salle de la mairie qui accueillait aussi les enfants de cantine de l'école le midi. La nouvelle salle

ultifonctions viendra remplacer ces différents usages. Une partie atelier technique pour l'agent communal y a également été adjointe.

> De la philosophie du projet au recrutement de l'architecte

Pour lancer la consultation des architectes, le conseil municipal a fait appel au CAUE44 pour l'aider à préparer le cahier des charges. Dès cette étape, la volonté de la commune est clairement affichée : « construire une salle multi-fonction avec des matériaux de proximité par des hommes du territoire ». Le maire définit le projet : « comme un hangar agricole, sauf que comme on l'utilise aussi l'hiver on l'isole avec de la paille et comme on reçoit du public on doit faire quelques aménagements pour en faciliter l'accès et l'usage, et garantir la sécurité".

En parallèle, la commune, qui ne dispose pas de moyens en interne pour gérer des dossiers d'urbanisme, décide de se faire accompagner par une assistance à maîtrise d'ouvrage (AMO) : la Société d'économie mixte d'aménagement et de construction de Loire-Atlantique (SELA). Rémunérée à hauteur de 3,7% du prix TTC de la salle, la SELA a pris en charge la coordination entre la maîtrise d'ouvrage et l'équipe de maîtrise d'œuvre, les relations avec les autres partenaires (CAUE44, BRUDED, Réseau français de la construction paille..), la préparation des réunions publiques, le suivi administratif et financier (bilan, recherche de subventions, assurance...).

Fin 2009, le choix de l'architecte est arrêté par la Commission d'appel d'offre composée des élus, du CAUE44, et d'un bureau d'étude qui avait participé au projet de développement. C'est le cabinet d'architecte Xavier Ménard (Chateaubriant) qui est retenu pour réaliser le projet des élus. Les critères de choix ont été pondérés en fonction du prix, délai, démarche de développement durable et gestion du chantier.

> Une vision globale de développement durable

➔ Intégration paysagère et biodiversité :

Pour s'assurer de l'intégration paysagère (volume, végétalisation des abords, intégration avec le bâti existant...), la commune a demandé au CAUE de donner son avis sur les propositions d'esquisse de l'architecte. De fait la salle est légèrement surbaissée afin de respecter une volumétrie concordante avec les bâtisses voisines. Le bois et les enduits terre s'intègre par ailleurs bien aux maisons en pierre existantes.

Le projet prévoit par ailleurs de conserver les haies locales et de les renforcer une fois la construction terminée. Côté sud, une butte sera réalisée avec la terre des fondations, et servira de terrain de jeux pour les enfants ou de promontoire pour les adultes curieux d'avoir une autre vision de la salle et des alentours..



➔ Participation, lien social et développement local :

C'était une des volontés très forte de la commune. Cela se traduit à différents niveaux :

- par la situation même de la salle, entre le bourg actuel (école, mairie) et le futur éco-quartier, de façon à ce qu'elle constitue un élément fédérateur de vie sur la commune. De même les accès ont été pensés de façon à pouvoir être faits à pied ou à vélo sans aucune difficulté.
- par la mixité des usages de la salle qui servira tant de cantine le midi, que de salle d'activités des associations ou salle des fêtes le soir et le week-end et auquel est adjoint l'atelier municipal
- par le choix des matériaux et du système constructif : la

paille a été récoltée sur la commune, la terre extraite des fondations (mais il a fallu lui ajouter des agrégats) ; l'ossature bois permettait en principe à un charpentier local de répondre à l'appel d'offre. Dans les faits, le système de caisson, notamment pour la toiture, a pu inquiéter des entreprises locales n'ayant jamais entrepris ce type de structure.



Une structure de caissons bois, entièrement réalisée en atelier, facilitant le travail des ouvriers.

- par la mise en œuvre d'un chantier d'insertion, d'un chantier de formation et d'un chantier d'habitants pour mettre en œuvre les différents matériaux locaux : les bottes de paille, les 3 techniques de murs en terre... qui a généré un projet humain très fort. 7% des habitants de Mouais (via le Comité des fêtes) ont participé à la construction aux côtés de salariés en parcours d'insertion à l'ACPM, encadrés par des professionnels, volontaires dans la transmission de leur savoirs-faires (cf focus)
- par la réalisation de fenêtres pédagogiques mettant en valeur l'isolation en paille et les différents niveaux de finition des enduits terre ainsi que les 3 techniques de murs en terre destinées à interpeller les usagers, les faire parler : « la salle ne doit pas laisser les visiteurs indifférents ! ». Pour être conforme aux normes incendies, un cadre vitré a été ajouté aux fenêtres pédagogiques.
- par une réunion publique en cours de projet puis une porte ouverte à tous les habitants et communes environnantes pour faire découvrir la salle, un dimanche de juin 2012
- par deux visites de groupes et des visites personnalisées, organisées par le réseau BRUDED, pour témoigner de l'expérience acquise auprès d'autres élus. Ainsi, Saint Ganton (qui réalisera à son tour des briques de terre crue pour sa future école), Muel et la CC de Saint Méen le Grand (qui va construire un multi-accueil en paille), Saint Malo de Phily (qui a adopté un cahier des charges exigeant en terme de développement durable) ... ont pu prendre connaissance de l'expérience de Mouais.



Au fond de la salle, 6 fenêtres pédagogiques viennent rappeler l'isolation en paille et les différentes étapes de finition des enduits en terre.



Fichet (co-Président de Bruded / maire de St Brieuc de Mauron et de Jean-Christophe Bénis (maire-adjoint de Hédé-Bazouges) lors d'une visite de chantier

➔ Des matériaux écologiques et sains

Au-delà de leur provenance, les matériaux ont été choisis pour leur caractère écologique (faible empreinte carbone, ne générant pas de déchets...) et sains. Le bâtiment étant fréquenté par les enfants quotidiennement, les élus souhaitaient une vigilance sur la qualité de l'air intérieur. Le système est composé d'une ossature bois, isolée en paille sur les murs ouest et nord et en ouate de cellulose sur le mur sud. Le mur est, qui sépare la salle de la partie atelier technique, est en parpaing et isolé en laine de verre, seule solution trouvée par l'architecte pour garantir le risque au feu et améliorer l'acoustique par une membrane qui lui est adjointe.

Côté extérieur, l'ossature est en partie bardée de bois, en partie enduite avec des enduits de terre. L'ossature est portée par un mur central en béton sur lequel des murs de terre ont été construits en parement, avec 3 techniques de terre différentes : briques de terre crue, bauge et pisé. Pour le sol, c'est du parquet en chêne à lamelle de chant qui a été choisi pour la salle et du carrelage pour les parties hall, cuisine et WC.



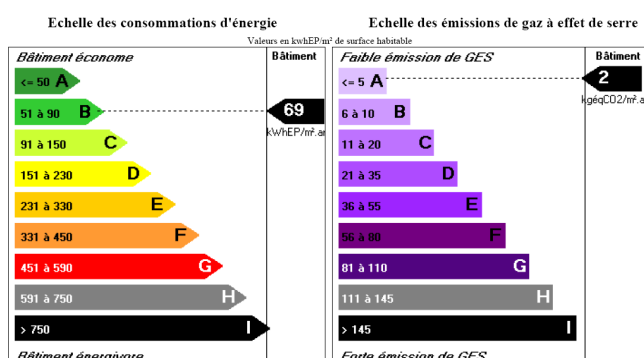
Pisé, briques de terre crue et bauge, les 3 techniques de terre utilisées en parement du mur

→ Lumière naturelle, acoustique et bien-être



De part les matériaux (le bois, la terre...), le choix des couleurs, la salle génère de fait une sensation de bien-être. Elle bénéficie également d'une belle lumière naturelle, grâce des grandes baies vitrées orientées plein sud. Les murs en terre, des dalles suspendues au plafond, et un mur alvéolé (côté est, qui accueillera la restauration municipale) viennent renforcer l'acoustique de la salle qui a fait par ailleurs l'objet d'un rapport de recommandations par un bureau d'étude (AIDA – Orléans), attaché à la Maitrise d'œuvre, au moment du DCE.

→ Une salle de niveau « passif »



Avec une consommation de chauffage à 13,7 kWh/m²/an, le bâtiment atteint les exigences du niveau « passif ». L'éclairage et les auxiliaires font monter à part égale (28 kWh/m²/an chacun) la consommation total estimée à 69 kWh/m²/an. Le bâtiment dépasse ainsi les exigences du référentiel BBC (RT 2005). Une performance due à la compacité du bâtiment, aux forts apports

solaires passifs (grâce à l'exposition plein sud), à une ventilation double-flux, aux menuiseries en triple vitrage et à une isolation renforcée (paille ou ouate selon les murs, ouate au plafond). Pour le mode de chauffage, la volonté des élus étaient de faire appel à une énergie non fossile et renouvelable. Suite aux différentes simulations faites par le Bureau d'étude thermique (Gaudin ingénierie), les élus se sont orientés vers une géothermie verticale, plus chère à l'investissement qu'une chaudière bois, mais moins exigeante en personnel pour le fonctionnement (la commune ne dispose que d'un agent pour assurer les suivis techniques, entretien des rues et espaces verts). La commune a écarté l'installation de panneaux photovoltaïques, compte-tenu de la baisse des tarifs de rachat et de ses moyens limités. Elle a envisagé dans le projet d'en poser à terme sur le pare-soleil plein sud (la toiture étant orientée nord, pour adopter un profil bio-climatique).

→ Eau préservée et déchets limités

Les installations ont été pensées pour leur caractère économique : chasse d'eau 6/9 litres, mousseurs.... Les surfaces imperméabilisées ont par ailleurs été fortement limitées, réduites aux seuls passages nécessaires pour les véhicules motorisés (véhicule du traiteur ou de l'atelier municipal...). L'eau de ruissellement rejoint rapidement un fossé lui laissant le temps de s'infiltrer progressivement pour rejoindre les nappes phréatiques. Le maire regrette par contre que l'on ait pas récupéré l'eau de pluie de la toiture pour les WC. Elle est renvoyée à la rivière.

Côté déchets, le type de matériaux utilisés génère peu de déchets, ou tout au moins des déchets peu néfastes à l'environnement : bois, terre, paille, ouate.... Par ailleurs, la récupération de la terre (pour les murs et la butte extérieure) a évité le déplacement par camions d'une terre exportée comme un déchet.

> Zoom sur le chantier d'insertion/chantier d'habitants

Le lot n°4 concerne la réalisation :

- De l'isolation en paille de 2 murs extérieurs avec réalisation d'enduits de finition en terre
- La réalisation de murs de parement en pisé et en bauge (terre) à l'intérieur
- La réalisation de murs de parement en brique de terre crue (BTC) à l'intérieur

Pour s'assurer que ce projet était techniquement réalisable et intéressait des acteurs locaux, une réunion a eu lieu en amont avec la SCOP Tierr'Habitat (spécialisée dans les BTC, paille, enduits...), la MFR de Riaillé (qui propose une formation en éco-construction), la Sté Elément terre / membre du Réseau Français de la construction paille et l'ACPM (Ateliers et Chantiers du Pays de la Mée)

Pour autant,

- N'ayant pas été avertis de la parution de l'appel d'offre, aucun des acteurs n'a répondu lors de la consultation initiale
- Seule la SCOP Tierr'Habitat a répondu, dans l'urgence, et par conséquent sans avoir pu se mettre en relation avec les autres acteurs pour une réponse commune, lors de la 2^{ème} consultation. De fait, ayant envisagés les travaux avec le seul recours à des artisans spécialisés, le montant des travaux estimés par la SCOP Tierr'Habitat était 2 fois supérieur à l'estimation réalisée par la Maitrise d'œuvre : le lot a donc été considéré comme infructueux.

Au final, la commune a décidé de reprendre le dossier en main et de sortir le lot n°4 de l'appel de l'appel d'offre pour le confier à l'ACPM (association d'insertion accompagnant des salariés en parcours d'insertion). Ne disposant pas de compétences techniques spécifiques sur les réalisations à mener, l'ACPM a sous-traité l'encadrement et la formation des ouvriers en insertion et encadrant technique à :

- Elément Terre pour la paille
- Alternative pour le pisé et la bauge
- Tierr'Habitat pour les BTC

Un encadrant technique de l'ACPM a également suivi, en aval du chantier, une formation de formateur sur la réglementation applicable à la construction de murs de paille

Par ailleurs, afin de permettre aux habitants de la commune de participer au chantier, une convention a été signée entre l'ACPM et le Comité des fêtes de Mouais, l'assurance du Comité des fêtes couvrant l'intervention des habitants adhérents.

Enfin, une dizaine de stagiaires en formation éco-construction à la MFR de Riaillé sont également intervenus pour la pose de la paille, encadrés par Vincent Corbard, formateur.



Salariés en parcours d'insertion (ACPM) et habitants (Comité des fêtes) ont mis en œuvre ensemble la paille, encadré par Philippe Liboureau (Elément terre)

> Zoom sur la spécificité des matériaux et les problèmes techniques et assurantiels soulevés

→ Un risque de dérive du projet communal et une difficile coordination des différents intervenants

A plusieurs reprises, la commune, soutenue par Bruded, a dû ré-affirmer fortement sa volonté politique, pour que la philosophie du projet soit tenu : « si on avait écouté nos différents interlocuteurs, il n'y aurait ni murs en paille, ni mur en bauge, ni chantiers d'insertion-habitants, ni fenêtres pédagogiques.... A chaque fois, des arguments nous étaient avancés pour nous prouver que c'était techniquement impossible, non réglementaire, trop cher, voire peu important.... » insiste le maire.

La SELA, en tant qu'AMO, a tenu un rôle central dans le projet, mais peu évident, garant à la fois de la philosophie du projet communal mais aussi des délais et tout aussi important du budget. 3 aspects qui sont entrés en collusion. La SELA n'avait jamais été amené à travaillé, ni avec des matériaux traditionnels, ni avec des chantiers d'insertion-habitant auparavant : pour ce seul chantier, 6 acteurs étaient impliqués d'où une coordination des acteurs plus importante que dans un projet classique.

→ L'assurance

Le choix de matériaux non industrialisés (paille, terre), ne répondant pas à des normes standards, mis en œuvre par des personnes non professionnelles (mais encadrées par des professionnels) a nécessité des démarches supplémentaires auprès du bureau de contrôle et des assureurs de certaines entreprises : charpentier par exemple. Ces démarches ont été effectuées par la SELA. Au final, la réalisation bénéficie de la garantie décennale pour tous les lots et il n'y a pas eu de réserves de la part du Bureau de contrôle.

Par contre, compte-tenu du tarif jugé prohibitif (> à 20 000 euros) et des réserves relatives à la technique de construction utilisée (matériau non conventionnel, mise en œuvre d'une manière non conventionnelle), la commune a fait le choix de se passer de l'assurance dommage-ouvrage.

→ L'intervention utile d'un expert de la paille

Très en amont du projet, Bruded a mis en relation la commune, la SELA et l'architecte avec Philippe Liboureau du Réseau français de la construction paille. Cette rencontre a permis de montrer la spécificité d'un projet paille, et qu'il ne s'agit pas juste de remplacer un isolant par un autre. Des questions d'hygrométrie, de perspiration et de point de rosée se posent, tout comme la manière de botteler et poser la botte (à plat, à chant..). La maîtrise d'ouvrage a ainsi réalisé un contrat avec Philippe Liboureau pour qu'il puisse donner un avis technique sur le projet, avant le DCE, et ainsi prévenir de problèmes lors de la mise en œuvre du chantier.

→ La difficile levée des réserves

Sans que le caractère innovant des matériaux puissent être incriminé et malgré le suivi sérieux de l'architecte, les artisans tardent à lever les dernières réserves. Un phénomène qui tend à se généraliser.

→ Le paiement des subventions

Si c'est bien la SELA – disposant d'une trésorerie – qui a payé les artisans (une fois les dernières réserves levées), la commune doit rembourser la SELA préalablement avant de prétendre au versement des subventions acquises. Cela l'oblige à contracter un emprunt à court terme. Une contrainte supplémentaire pour une petite commune.

→ Quelques problèmes techniques soulevés et résolus !

- Lors de la mise en œuvre la paille doit être comprimée, normalement en la pilonnant par le haut. Dans le cas de la salle de Mouais, l'ossature bois a été réalisée en atelier : le montant haut de l'ossature empêchait cette compression par le haut. Une astuce a été trouvée pour la comprimer avec un système d'étais.
- Les précadres des ouvertures en contreplaqué marine ont joué sous l'influence conjuguée de la pression de la paille et de l'humidité des "mortiers paille" de rebouchage et enduits. Il a fallu les renforcer.
- Le système constructif a été imaginé pour permettre la mise en œuvre de 2 bottes de paille de 60 cm de long entre les entraxes de l'ossature bois. Or, lors de la mise en œuvre en atelier, le charpentier a conçu un système de caisson clos par un panneau OSB de 120 cm. De fait, l'entraxe entre les montants bois est devenu < 120 cm : il a fallu retailler sur chantier les 500 bottes.
- Lors du démarrage du projet, la maîtrise d'œuvre (Bureau d'étude thermique) a fait ses calculs avec un lambda de la paille particulièrement défavorable à la paille ($\lambda=0,1$). Et une épaisseur de botte sur chant de 35 cm (au lieu de 37 cm), ce qui donnait un $R=3,5$. Du coup, la maîtrise d'œuvre a envisagé un temps de compléter l'isolation avec 12 cm de laine de verre ($\lambda=0,037$) pour un $R=3,25$ et donc un R total de 6,75 afin de répondre aux exigences d'un bâtiment passif mais ce qui était contraire à la philosophie du projet et posait des questions quant à la perspiration des murs. Au final, le RFCP et BruDED ont amené des éléments montrant que le CSTB retenait un lambda de 0,065 dans l'attente de la publication d'un avis technique. C'est ce lambda de 0,065 et le choix d'une botte posée à plat (une épaisseur de 46 cm) qui ont été retenus dans les calculs de la Maitrise d'œuvre ($R=7,0769$).
- La commune avait envisagé une salle entièrement en ossature bois et matériaux biosourcés, avec un mur central porteur en terre. Au final, le mur de séparation entre la partie atelier technique et la salle est en parepaing et isolé en laine de verre et le mur porteur central est en parepaing avec un parement en terre, seules solutions proposées par la maîtrise d'œuvre pour satisfaire aux exigences incendies et pour garantir la solidité de l'ouvrage.

Depuis le 1 janvier 2012, des règles professionnelles pour ce type de construction : ossature bois isolée en paille ont été validées au niveau national par la C2P (commission de prévention des produits) de l'AQC (Agence qualité construction). Avec ses nouvelles règles, les valeurs du lambda retenues pour la paille sont :

- 0,052 paille sur chant - donc bien plus avantageux que le 0,065 qui était une moyenne des deux valeurs.
- 0,080 paille à plat

> Le montage financier estimatif

Les travaux de la salle de 561 m² et des aménagements des extérieurs se sont élevés à 1 236 121 euros TTC (études préalables et honoraires inclus). Notons que le lot « Paille et pisé » n'a pas un impact financier important comparativement à la plus value qu'il donne à la salle. La géothermie verticale s'avère de son côté relativement couteuse.

	Bilan HT	Bilan TTC
Etudes	7 630,00	9 125,48
Etudes de sol	1 680,00	2 009,28
Levée TOPO	3 198,00	3 824,80
Dossier Loi sur l'eau	1 802,00	2 155,20
Etude acoustique/divers	950,00	1 136,20
Construction/Equipements	861 543,49	990 459,61
0- Lot terrassement / infrastructures	17 068,00	20 413,33
1- Lot Gros œuvre	95 734,24	114 498,15
2- Lot Charpente	269 000,00	312 724,00
3- Lot Bacs acier	22 316,82	26 690,92
4- Lot Paille et pisé	15 000,00	17 940,00
5- Lot Métallerie portes sectionnelles	8 607,00	10 293,97
6- Lot Cloisons sèches / isolation	39 586,44	47 345,38
7- Lot plafonds acoustiques	4 892,85	5 851,85
8- Lot Revêtement de sols scelles	35 328,97	42 253,45
9- Lot Parquet bois	11 070,89	13 240,78
10- Lot peinture	8 762,60	10 480,07
11- Lot électricité	54 272,66	64 910,10
12- Lot Chauffage géothermie	114 200,00	136 583,20
13- Lot équipement de cuisine	22 888,52	27 374,67
14- Voiries	77 630,93	92 846,59
15- Mobilier / éclairage	13 000,00	15 548,00
Options globales retenues	18 783,57	22 465,15
Révisions	33 400,00	39 946,40
Maitrise d'oeuvre	58 500,00	69 966,00
Autres honoraires	10 267,00	12 279,33
Contrôleur technique	4 612,00	5 515,95
CSPS	2 145,00	2 565,42
Géomètre de travaux		
Révision	3 510,00	4 197,96
Frais financier	14 000,00	14 000,00
Divers (publicité, repro, etc...)	25 000,00	29 900,00
TOTAL DEPENSES*	1 027 407,23	1 192 016,41
Rémunération Mandataire (SELA) 3,7% des dépenses	38 014,07	44 104,61
TOTAL*		1 236 121 €

*Estimatif sur la base des chiffres transmis par la SELA

Fiche réalisée avec le soutien de la Région Bretagne, de l'Ademe Bretagne et du Conseil général de Loire Atlantique - septembre 2012