

Restaurer le pisé à l'eau



- Prix rhônalpins du patrimoine 2006-
Dossier de candidature

En collaboration avec le Contrat Global de Développement "Isère, Porte des Alpes" et la Mairie de Nivolas Vermelle

CRATerre - ENSAG



SOMMAIRE

- 1- Candidature CRATerre-ENSAG, entre Architecture et science
- 2- Présentation générale
- 3- Présentation du projet et de ses objectifs
 - 4- Démonstration scientifique
 - 5- Mise en oeuvre du pisé coulé
 - 6- Stabilisation du pisé à l'eau
 - 7- Annexes

Préface

Georges Colombier Armand Bonnamy

Savoir-faire des charpentiers d'antan, l'habitat en terre représentait une technique de construction traditionnelle qui caractérise aujourd'hui encore l'architecture du Nord Isère. Véritable élément identitaire de notre patrimoine local, le pisé doit aujourd'hui être protégé, sauvegardé et valorisé comme témoin de notre histoire architecturale mais aussi comme un savoir-faire qu'il importe de transmettre aux générations futures.

C'est pourquoi, depuis plus de 5 ans, nous menons un partenariat étroit avec l'équipe du CRATerre afin de soutenir leur travail de recherche et de formation ainsi que leurs actions de sensibilisation et de communication.

Georges COLOMBIER
Député de l'Isère
Président du Contrat Global de
Développement d'Isère, Porte des Alpes

Armand BONNAMY
Conseiller Régional
Vice-président du Contrat Global de
Développement d'Isère Porte des Alpes

Michel Rival

La presque totalité des maisons anciennes de Nivolas-Vermelle, comme de la plupart des villages du Dauphiné des collines sont construites en pisé. Mais, aujourd'hui, à part quelques granges isolées dans la campagne, ou quelques murs de façades non visibles, le pisé a presque disparu de notre environnement, car au fil des décennies, on s'est ingénié à masquer ce matériau considéré comme le matériau du pauvre. C'est dommage pour la qualité des bâtiments, car le pisé est un matériau «vivant» qui doit échanger avec son milieu ambiant, et c'est dommage pour la beauté, car ces argiles aux teintes proches des champs labourés environnants, changent selon les heures de la journée, ce que ne savent pas faire les enduits modernes.

C'est donc avec enthousiasme que nous avons accepté la proposition du Laboratoire CRATerre, de piloter sur cette grange ancienne, située près du centre du village, une opération témoin, qui puisse servir de référence tant aux propriétaires de maisons en pisé qu'aux artisans de la région.

Michel RIVAL
Maire de Nivolas-Vermelle

1. Candidature CRATerre-ENSAG entre Architecture et science

Qu'est ce que le CRATerre

CRATerre, créé en 1979, est un laboratoire de recherche de l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, habilité depuis 1986 par la Direction de l'architecture et du patrimoine du ministère de la Culture et de la Communication. Il déploie principalement ses activités dans les domaines de la conservation du patrimoine, de l'environnement, et des établissements humains.

L'équipe

Direction de l'ENSAG : Vincent Michel

Direction scientifique du Laboratoire CRATerre : Hubert Guillaud

Des chercheurs du Laboratoire CRATerre :

Romain Anger, Michel Dayre, Patrice Doat, Daniel Duchert,

Emmanuel Aguila, Laetitia Fontaine, Hugo Houben, Jean-Marie Le Tiec, Medhi Tenouti

Architecte de l'opération: Christiane Bossy

Les Objectifs

Rechercher

Chercheurs, enseignants, étudiants travaillent en étroite collaboration pour une meilleure connaissance de la matière en grains permettant ainsi d'établir un lien entre la matière terre et l'architecture.

Former

La formation constitue un objectif prioritaire dans notre démarche. Nous menons des actions de formation auprès des scolaires et des professionnels, notamment dans le cadre du festival Grains d'Isère qui a lieu chaque année aux Grands Ateliers de Villefontaine sur une période de deux semaines.

La formation des étudiants représente un pôle important de notre travail en lien avec l'ENSAG.

Sensibiliser - Informer - Vulgariser

Notre équipe mène depuis plusieurs années, des actions de sensibilisation afin que les générations futures envisagent le pisé comme un élément de l'architecture traditionnelle qu'il convient de préserver mais aussi, pourquoi pas, comme un élément de l'architecture contemporaine.

Ainsi notre objectif ne se limite pas seulement à la valorisation du patrimoine local mais bien à la préservation d'un savoir-faire traditionnel qui permet de répondre à des besoins actuels en matière de construction.

2. Présentation générale

Nous travaillons actuellement avec le territoire d'Isère, Porte des Alpes qui regroupe 48 communes du nord de l'Isère associées depuis 5 ans au sein d'un Contrat Global de Développement.

En lien avec le Conseil Régional Rhône-Alpes et le Conseil Général de l'Isère, le Contrat Global de Développement mène de multiples actions dans des domaines aussi variés que l'économie, l'agriculture, le tourisme, l'environnement, la culture et le patrimoine.

Ainsi, dans un objectif commun de valorisation du patrimoine, nous menons avec Isère, Porte des Alpes une démarche de partenariat autour de la thématique du pisé, ce béton naturel prêt à l'emploi et abondant sur ce territoire qui fait actuellement l'objet de recherches avancées sur la matière en grains.

Aussi, forte de notre avancée scientifique et confrontée aux difficultés de réhabilitation du pisé en Nord Isère, notre équipe collabore étroitement avec les acteurs locaux pour la préservation et la valorisation du pisé.

Un partenariat étroit s'est tissé avec le Contrat Global de Développement d'Isère, Porte des Alpes dans le cadre de ses actions de « Valorisation du patrimoine remarquable » et « d'aide à la rénovation et à la réhabilitation du bâti traditionnel ». Destinée à préserver le patrimoine local, une incitation financière allant de 40 % pour les privés, jusqu'à 60 % de subventions départementales et régionales pour les collectivités locales a permis de mener un véritable travail de terrain.

Outre un rôle de conseil, notre intervention a permis d'expliquer les causes éventuelles de fissures, les particularités du pisé et la nécessité de préserver le pisé comme un élément identitaire du territoire. Plutôt que de masquer le pisé sous un crépi ou un enduit, notre objectif est de montrer le pisé en respectant les conditions de préservation du matériau afin d'assurer la pérennité de celui-ci.

Ainsi, nous proposons de transmettre notre savoir-faire pour restaurer et préserver ce pisé caractéristique de l'architecture locale.



3. Présentation du projet et de ses objectifs

La grange Porcher

La grange « Porcher » fait partie d'une ancienne usine de tissage située 10 Allée Jacquard à Nivolas-Vermelle. Elle a certainement été l'un des premiers éléments bâtis à partir duquel s'est effectuée l'extension de l'usine dans la seconde moitié du 19ème siècle.

Une partie de l'usine a été démolie, car le bâti était trop dégradé pour être réhabilité. Seuls trois bâtiments de logements ouvriers, ainsi que la grange ont été conservés et restaurés.

La Commune de Nivolas-Vermelle est aujourd'hui propriétaire. Après l'avoir mis hors d'eau et hors d'air, la commune met ce bâtiment à disposition de l'Office National de Forêts dans lequel est implanté l'Antenne Nord-Isère (bureaux, garages des véhicules et de l'outillage, et, accueil des scolaires).

C'est un bâtiment simple mais remarquable, cité lors du pré-inventaire du patrimoine effectué par le Contrat Global de Développement Isère, Porte des Alpes.

Les murs en pisé portaient les traces des interventions successives destinées à consolider ou à créer des ouvertures.

La démarche

Dans le cadre du Contrat Global de Développement, la commune de Nivolas-Vermelle a procédé à une demande de financement pour la réhabilitation de la Grange Porcher. Le projet de réhabilitation a fait l'objet d'une validation du Comité Technique du Contrat Global de Développement d'Isère, Porte des Alpes.

La mission a été confiée à l'Architecte Christine Bossy afin d'établir un diagnostic des réhabilitations à effectuer et de définir le cahier des charges permettant la consultation des entreprises.

Avec le soutien de Monsieur Rival, Maire de la Commune de Nivolas-Vermelle, notre rôle a été de proposer une solution différente de l'enduit et d'apporter les réponses techniques et le savoir-faire permettant de rattraper les erreurs commises sur les façades de la grange. De plus, notre intervention implique la mise en place d'une formation auprès des entreprises intéressées puis sélectionnées pour le marché afin que celles-ci utilisent les techniques préconisées par l'équipe de CRATerre.

Le projet de réhabilitation de la Grange Porcher représente un véritable enjeu en matière de restauration du pisé. En effet, notre proposition n'est pas véritablement conforme aux techniques artisanales de restauration du pisé. Par conséquent, notre démarche dérange et bouscule un certain nombre d'idées reçues en matière de restauration du pisé, bien que notre savoir faire soit basé sur des données scientifiques.

L'appel d'Offre

Publication de l'Appel d'offre le 8 Juillet 2005





avant juin 2005



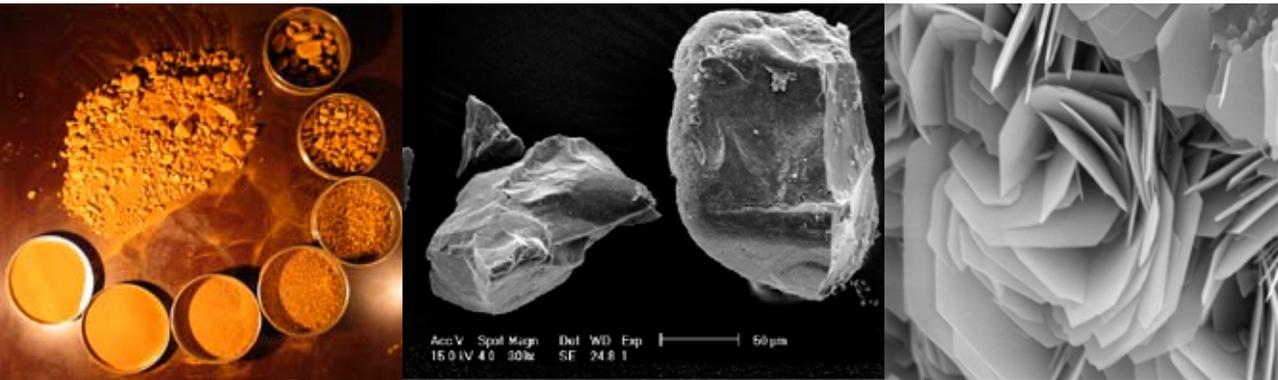
après septembre 2005



4. Démonstration scientifique

La terre, matériau granulaire

Béton est un terme générique qui désigne un matériau de construction composite fabriqué à partir de granulats (sable, graviers) agglomérés par un liant. Le pisé est un béton dont le squelette granulaire est constitué de grains de différentes tailles et dont l'argile est le liant. L'analyse granulométrique par tamisage classe l'ensemble des grains qui constituent la terre selon leurs dimensions : Cailloux : de 2 à 20 cm - Graviers : de 2 mm à 2 cm - Sables : de 60 microns à 2 mm - Silts : de 2 microns à 60 microns - Argiles : en dessous de 2 microns.



Les argiles, des grains à part

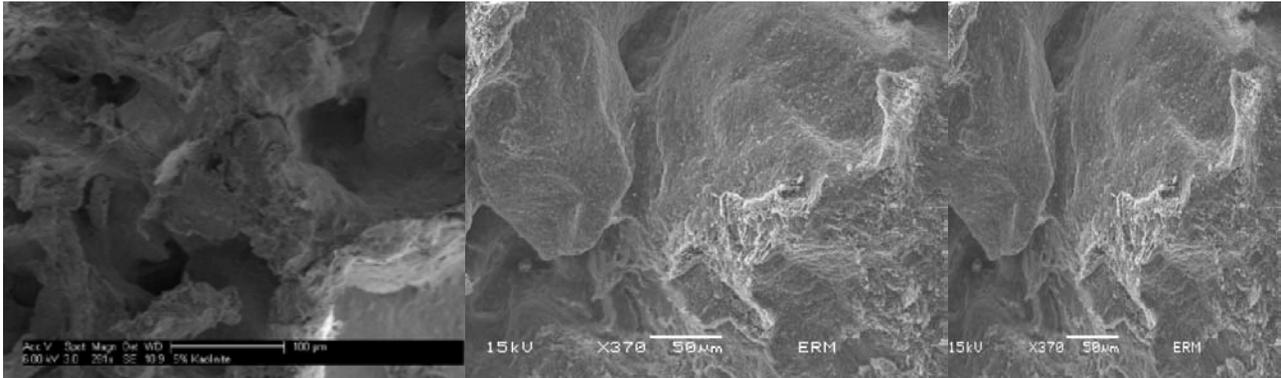
Les cailloux, les graviers, les sables et les silts ne diffèrent que par leur taille. Ce sont des grains plus ou moins sphériques et de même nature cristalochimique. Les argiles se différencient des autres constituants de la terre non seulement par leur taille microscopique mais aussi par leurs formes planes qui leur confèrent une masse insignifiante en comparaison de leurs surfaces. Pour ces microcristaux, les propriétés de surfaces deviennent ainsi prépondérantes et, en présence d'eau, des propriétés macroscopiques particulières telles que la plasticité et la cohésion, apparaissent.

Les sables et les silts sont de forme plus ou moins sphérique. Les argiles sont des particules microscopiques à faciès lamellaire.

La terre : des grains, de l'air et de l'eau

La capacité de régulation hygrométrique d'un mur en terre est une de ses qualités premières. Si l'on observe l'intérieur d'un mur en pisé, on découvre un dédale de galeries millimétriques à nanométriques interconnectées. Ceci laisse envisager l'extrême quantité de surface disponible pour des échanges hydriques entre l'intérieur et l'extérieur du mur.

Cet espace poreux peut être rempli soit par un liquide (en général de l'eau), soit par un gaz (l'air), soit par les deux. Lorsqu'il est rempli d'eau, la terre se transforme en boue. On dit alors que le milieu est saturé.



Lorsque l'air et l'eau liquide sont présents simultanément dans les pores, la terre est un milieu granulaire insaturé. En l'absence d'eau, la terre ne peut se présenter sous la forme d'un solide cohérent : c'est un milieu granulaire sec. En réalité, un mur en terre, contrairement à ce que nos sens nous laissent croire, n'est jamais complètement sec. A l'équilibre hydrique, la terre contient environ 2 % d'humidité. Ce qui équivaut à une bouteille d'un litre par m² pour un mur en pisé de 40 cm d'épaisseur. Sans cette eau, il serait impossible de construire un mur en terre : c'est en grande partie à cette eau que le mur doit sa cohésion.

L'eau, la « colle » de la terre

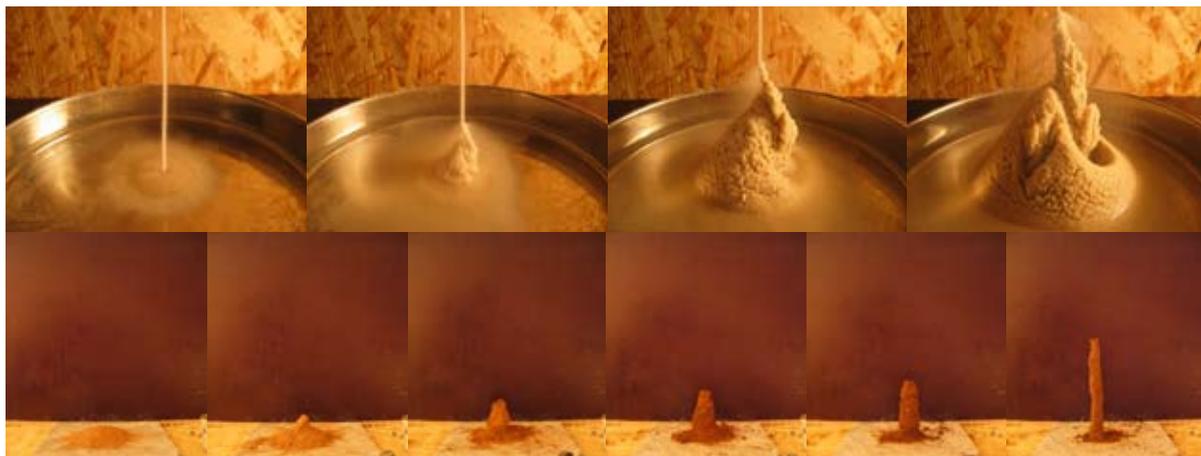
La photo ci-dessus, prise au Microscope Electronique à Balayage, illustre bien le fait que l'argile est le liant de la terre : on aperçoit deux grains de sable recouverts par un « film » d'argile et liés entre eux par un « pont » argileux. L'argile « colle » les différents grains entre eux.

Cependant, une observation de ce pont argileux montre que celui-ci est constitué d'un ensemble de particules, les argiles, sortes de « grains plats » microscopiques, liées entre elles par des ponts d'eau liquide. Finalement, le véritable liant de la terre, c'est l'eau.

Les forces capillaires

C'est par l'intermédiaire des forces capillaires que l'eau « colle » les grains entre eux. Ces forces capillaires sont responsables de la tension superficielle de l'eau, utilisée par certains insectes pour marcher sur l'eau, et qui permet de construire des châteaux de sable à l'aide d'un mélange de grains, d'air et d'eau. L'expérience ci-dessous illustre l'existence de ces forces responsables à la fois de la cohésion du matériau terre et des remontées capillaires.

Du sable sec s'écoule dans une assiette qui a été remplie d'une nappe d'eau de 1 cm d'épaisseur environ. Au fur et à mesure de l'écoulement, le sable forme une petite colonne semblable à une stalagmite. Celle-ci est le fruit de l'action conjuguée des remontées capillaires grâce auxquelles l'eau remonte entre les grains et de la cohésion capillaire qui fait tenir les grains ensemble comme dans un château de sable.



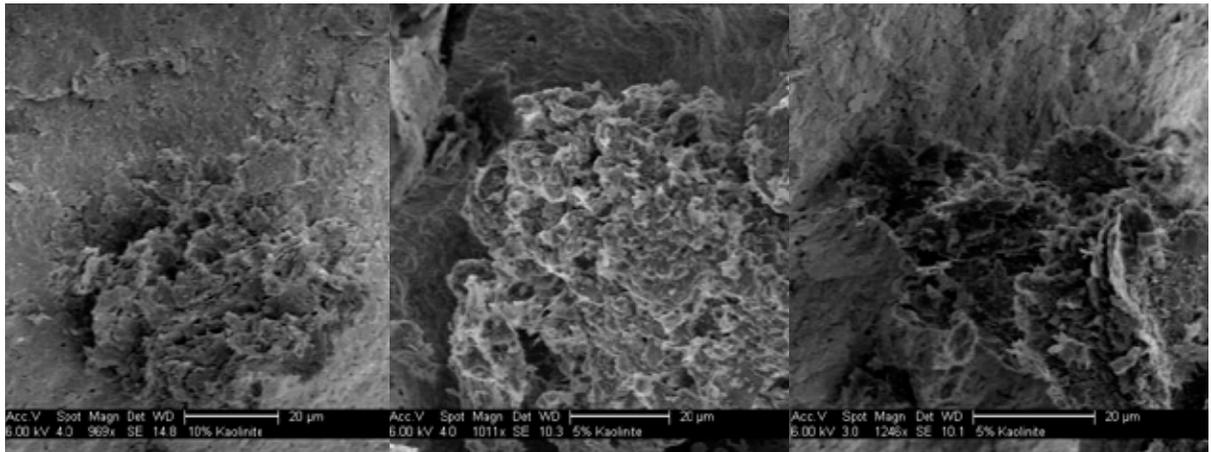
L'optimum de teneur en eau et l'équilibre hydrique

Le tenant de ce qui vient d'être évoqué, c'est l'existence d'un optimum d'eau pour lequel un mur en pisé présente un maximum de cohésion (donc de résistance mécanique). Cette idée est illustrée par la manipulation suivante. Avec un même volume de terre, on façonne des colonnes les plus hautes possibles en faisant varier la teneur en eau de l'état sec à l'état liquide. On met ainsi en valeur l'existence d'un optimum de teneur en eau qui permet de construire la colonne la plus haute.

À l'humidité ambiante, le pisé se trouve dans un état hydrique proche de cet optimum. La proportion d'eau contenue dans un mur en terre est variable et dépend des conditions hygrométriques extérieures : le pisé est en équilibre hydrique avec son environnement. Il ne faut pas entendre par là que le système est stable, au contraire : il change quand son environnement change. En permanence, il se produit des échanges entre celui-ci et l'air ambiant. En particulier, tout excès d'eau est évacué par évaporation. Dans certains cas, la présence d'un enduit peut déséquilibrer ce système. C'est le cas des enduits étanches, qui au lieu d'empêcher l'eau de pénétrer à l'intérieur du mur, empêche surtout celle-ci de s'évaporer : l'eau s'accumule et peut dangereusement diminuer la résistance mécanique du mur.

Le bouche-à-l'eau

La cohésion d'un mur en terre est due à des forces capillaires qui agissent à travers des films d'eau d'une épaisseur de seulement deux à trois molécules qui entourent les palquettes d'argiles. La présence d'une certaine quantité d'eau est donc essentielle pour garantir la cohésion d'un mur de pisé. Par contre, l'eau est nocive pour un mur en terre si elle est présente en grande quantité dans la masse du mur. Dès lors qu'un mur possède une protection contre les remontées capillaires (soubassement, barrière capillaire) et que la partie supérieure est protégée, l'eau ne peut constituer un danger. Les pluies intermittentes mettent en œuvre un processus de dégradation de surface relativement lent : l'érosion. Celle-ci est liée à la résistance mécanique du mur : un pisé compact s'érode beaucoup moins vite qu'un pisé faiblement compacté.



Le système du bouche-à-l'eau permet d'augmenter la résistance de surface du mur à l'érosion en dispersant les particules d'argiles qui se présentent parfois sous forme d'agrégats (photo ci-dessus). Ces « grains d'argile » ne participent pas à la cohésion de l'ensemble.

Disperser ces agrégats permet de multiplier le nombre de contacts entre les particules et d'augmenter la cohésion et donc la résistance en proportion. La manipulation suivante illustre cette idée : un pâte de sable fin présente un nombre de contact entre les grains beaucoup plus important qu'un pâte de sable grossier et permet de construire des châteaux de sable plus résistants.

5. Mise en oeuvre du pisé coulé

Fabrication du mortier



Teneur en eau



Reprise d'angle



Le pisé coulé, un nouveau procédé de reprise en sous œuvre du pisé avec de l'eau

A partir de la terre à pisé tamisée à 20mm, on prend le refus du tamis pour avoir une quantité de gravier important, plus de 75 % (voir illustrations). On peut également rajouter 75 % de gravier à une terre à pisé plus sableuse. Ensuite on stabilise ces graviers, sables et argiles avec de l'eau par une action mécanique de brassage dans un malaxeur. On obtient ainsi un mortier de gravier argileux dont la teneur en eau est suffisamment précise pour qu'en formant une colonne de 60 cm de haut, celle-ci ne s'effondre pas sous son propre poids (voir illustrations). Ce mortier, très plastique, est projeté sans avoir besoin d'utiliser de coffrage car il n'exerce aucune poussée horizontales.

Pose du mortier



Reprise de fissure



Enfin la composition très graveleuse de ce mortier permet d'éviter les fissures de retrait et de faciliter sa mise en oeuvre. Ce mortier ainsi fabriqué est utilisé tel quel pour reprendre en sous-œuvre les angles fragilisés, les trous du pisé, les fissures et voire même un ensemble de mur en pisé. Pour les reprises en sous-œuvre des soubassements, il est recommandé de le stabiliser avec un liant hydraulique pour éviter l'apparition d'un sillon destructeur à la base d'un mur.

Ce nouveau procédé de pisé coulé a été mis au point au cours d'expérimentations réalisées durant le festival Grains d'Isère dans le cadre du Contrat Global de Développement d'Isère, Porte des Alpes.



L'enduit de terre sur béton

Dans le cas d'une reprise en sous-œuvre sur un linteau de béton, il est conseillé d'utiliser un enduit de terre obtenu à partir d'une terre à pisé, (tamisée à 10mm), à laquelle on rajoute environ 50 % de sable pour éviter les fissures de retrait. On applique une première couche stabilisée avec un liant hydraulique pour avoir une meilleure accroche sur le béton. Ensuite on suit le même principe de mise en œuvre qu'un enduit classique.



Dans le cadre du programme européen Léonardo da Vinci, « de promotion de la construction en terre pour le développement régional », quatorze partenaires de six pays européens coopèrent pour créer une unité de formation professionnelle ayant comme objectif de développer des connaissances de base sur les matériaux en terre et leurs applications. Ces recherches sur les enduits de terre vont faire l'objet d'une diffusion sous la forme d'un CDROM, qui sera téléchargeable sur le site de CRATerre début 2006.



6. Stabilisation du mur à l'eau

Il est possible de rénover la surface d'un mur en pisé en utilisant de l'eau, comme un stabilisant simple et économique puisque le véritable liant du pisé est l'eau.





En passant un badigeon à l'eau sur la surface du mur avec un pinceau brosse, on disperse les plaquettes d'argiles par une action mécanique. Ce geste de trituration des grains entre eux, répété une dizaine de fois avec le pinceau, fabrique un mortier de surface qui stabilise le pisé en le rendant plus homogène. Les argiles contenues en faible quantité dans le mur jouent alors le rôle de colle entre les différents éléments : sable et graviers, redonnant au pisé une surface régulière et stabilisée.



7. Annexes

Le Plan de financement

Commune de NIVOLAS-VERMELLE

Contrat Global de Développement Isère Porte des Alpes

Action 49 bis : réhabilitation du bâti traditionnel
Réfection des façades d'une grange en pisé



PLAN DE FINANCEMENT

Dépenses	Montant HT	Recettes	taux	
Façades et étude architecture	31 270,00	Subvention Région	30%	11 598,90
		Conseil Général Isère	30%	11 598,90
Devis CRAterre (laboratoire spécialisé dans le pisé)	7 393,00	Commune (Autofinancement)		15 465,20
Total	38 663,00			

Article de presse

NIVOLAS-VERMELLE

La seconde vie du pisé

Tout le monde connaît le vil adage concernant les murs et les maisons en pisé : un grand parapluie (un toit débordant) et des bonnes boîtes (en sonbassement en pierre) et voilà des constructions qui sont parfois plus que bi-centennaires et qui continuent à défier le temps, sans pour autant être reconstruites d'un quelconque enduit. Et dans notre région, les maisons en pisé sont nombreuses. Elles constituent parfois plus de 80 % du bâti traditionnel. Pendant longtemps, on a considéré que le pisé était la construction du pauvre et qu'il fallait tout faire pour le cacher et les maisons ont peu à peu perdu de leur caractère. Mais fort heureusement, sous l'impulsion de groupes comme CRAterre appuyés par le Contrat Global de Développement, tout un travail de mise en valeur du pisé s'est fait. Et aujourd'hui, il semble bien que beaucoup de particuliers

recherchent ces maisons très confortables, fraîches en été, chaudes en hiver et veulent essayer de leur conserver leur caractère typique. Ils souhaitent, dans la mesure du possible, laisser le pisé visible, à la fois pour profiter de sa belle couleur et pour laisser les murs respirer. Reste à trouver les techniques et les artisans prêts à partir dans l'aventure. C'est le challenge qu'a lancé la commune, avec l'appui de CRAterre et du Contrat Global de Développement Isère Porte des Alpes. Réaliser avec CRAterre une façade servant de référence et retenu une entreprise travaillant dans la même perspective. La première tranche est désormais en cours de réalisation et l'équipe de CRAterre est à pied d'œuvre. Elle est prête à recevoir les particuliers ou les artisans qui souhaitent lui rendre visite. Les personnes intéressées peuvent les

9 Sept. 2005 - Dauphiné



L'équipe de CRAterre travaille à la mise en valeur du pisé.

retrouver à la Grange Porcher, siège nord-Isère de l'ONF, allée de la Soie.

Restaurer le pisé à l'eau

Dossier de candidature pour le prix rhônalpins du patrimoine 2006

Depuis 5 ans, CRATerre pilote une action de valorisation du pisé inscrite au Contrat Global de Développement « Isère, Porte des Alpes ». Ce partenariat avec 48 communes du nord de l'Isère a favorisé une plus grande conscience de la valeur de ce patrimoine remarquable du territoire en soutenant le déploiement d'actions de sensibilisation des collectivités territoriales, des milieux scolaires, des professionnels de l'entreprise, des maîtrises d'ouvrage et d'œuvre, publique et privée. En associant une recherche fondamentale sur la cohésion de la terre traditionnellement mise en œuvre sous forme de pisé, à des expérimentations innovantes de restauration du bâti en pisé, CRATerre démontre, scientifiquement et pratiquement, que l'eau n'est pas l'ennemi du pisé mais bien au contraire une formidable alliée essentielle. Ces recherches débouchent aussi sur la mise au point de nouveaux bétons de terre coulée, futur béton écologique, qui se substitueront avantageusement aux reprises d'œuvre le plus souvent réalisées en agglomérés de granulats et ciment, ou même en béton de ciment. Ainsi, la restauration des murs en pisé (rebouchage des cavités et fissures) avec ce nouveau béton de terre et granulats, l'utilisation de l'enduit au bouche-à-l'eau, ouvre des voies résolument nouvelles pour mieux conserver l'identité et l'authenticité de ce patrimoine remarquable en pisé de notre région Rhône-Alpes.

Hubert GUILLAUD, Directeur scientifique du laboratoire CRATerre.



Remerciements

Nous tenons à remercier chaleureusement Michel Rival et ses adjoints pour avoir pris grand intérêt à ces travaux et avoir accueilli ces démonstrations ; leur confiance a offert les conditions d'exécution d'un chantier idéal.

Notre gratitude va aussi à Florence Chassac d'Isère, Porte des Alpes, chargée du Tourisme et du Patrimoine, qui par son énergie et sa persévérance nous a introduit auprès de nombreux particuliers pour les aider à mieux comprendre la valeur de leur patrimoine en pisé, le tout, avec un suivi assidu et attentif des nombreux dossiers d'expertises et de conseils réalisés.

Nos remerciements s'adressent finalement aux personnes et institutions qui contribuent d'une façon ou d'une autre, à encourager et faciliter la mise en valeur du patrimoine pisé de la Région et du Département :

L'association Isère, Porte des Alpes, le Conseil Général de l'Isère, la Région Rhône-Alpes, les services du Patrimoine Culturel de l'Isère, le Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et de l'Environnement de l'Isère, et les Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau à Villefontaine.

CRATerre - ENSAG

