



OPTION TRANSVERSALE

MATÉRIAUX INNOVANTS POUR LA CONSTRUCTION DURABLE

Du 16 février au 29 mars 2015 à l'INSA Lyon



INSA | INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
LYON

amòco
ATELIER MATIÈRES À CONSTRUIRE

Rhône-Alpes 

SOMMAIRE

2

INTRODUCTION	5
LE PROJET AMÀCO / L'INSA DE LYON	6
MATRICE PÉDAGOGIQUE	8
PLANNING	10
CONSTRUCTION DURABLE	12
VISITE DU PATRIMOINE EN TERRE CRUE DU NORD-ISÈRE	14
ATELIER : VERSUS	16
CONFÉRENCE : SCÉNARIO NÉGAWATT	18
CONFÉRENCE : EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE	19
CONFÉRENCE : ANALYSE DU CYCLE DE VIE	20
MATIÈRES À CONSTRUIRE	22
ATELIER : TECHNIQUES DE CONSTRUCTION EN TERRE CRUE	24
ATELIER : FLUIDITÉ DE LA TERRE COULÉE	25
ATELIER : TEST CARAZAS (TERRES ET FIBRES)	26
CONFÉRENCE : BÂTIR EN TERRE	28
CONFÉRENCE : BÉTONS D'ARGILE	30
CONFÉRENCE : FIBRES NATURELLES	32
CONFÉRENCE : MATIÈRES LIANTES	34
CONFÉRENCE : L'EAU DANS LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION	36

3

PROJET	38
CONSIGNES	40
MOYENS ET ÉVALUATION	42
WORLD CAFÉ : STRATÉGIES DE FORMULATION	44
CONFÉRENCE : PLANS D'EXPÉRIENCES, MÉTHODE TAGUCHI	46
SUJET 1 : MUR COULÉ PORTEUR	48
SUJET 2 : MUR BANCHÉ ISOLANT	49
SUJET 3 : MONOBLOC ISOLANT PORTEUR	50
SUJET 4 : DALLE COULÉE	51
OPPORTUNITÉS PROFESSIONNELLES	52
CONFÉRENCE : NOUVELLES ARCHITECTURES DE BOIS FRANÇAISES	54
CONFÉRENCE : LE CENTRE D'INTERPRÉTATION DU PATRIMOINE ARCHÉOLOGIQUE DE DEHLINGEN	55
TABLE RONDE : NORMES ET RÉGLEMENTATIONS POUR L'UTILISATION DE NOUVEAUX MATÉRIAUX DANS LA CONSTRUCTION	56
TABLE RONDE : FREINS ET LEVIERS DU DÉVELOPPEMENT DE LA FILIÈRE TERRE DANS LE BÂTIMENT	58
ÉVALUATION DE LA FORMATION	60

4



Formateurs référents amàco :

Mariette MCEVUS-DORVAUX

Laetitia FONTAINE



Enseignants responsables INSA :

Christian OLAGNON

Elodie PRUD'HOMME



Avec le soutien de la Région Rhône-Alpes dans le cadre du dispositif SRESRI.

5

INTRODUCTION

Les filières des matériaux biosourcés se développent et s'organisent, offrant de plus en plus de solutions pour des constructions à faible impact environnemental. Mais ces «nouveaux» matériaux de construction ne sont pas encore intégrés dans la formation des ingénieurs et des architectes qui seront amenés à concevoir des bâtiments.

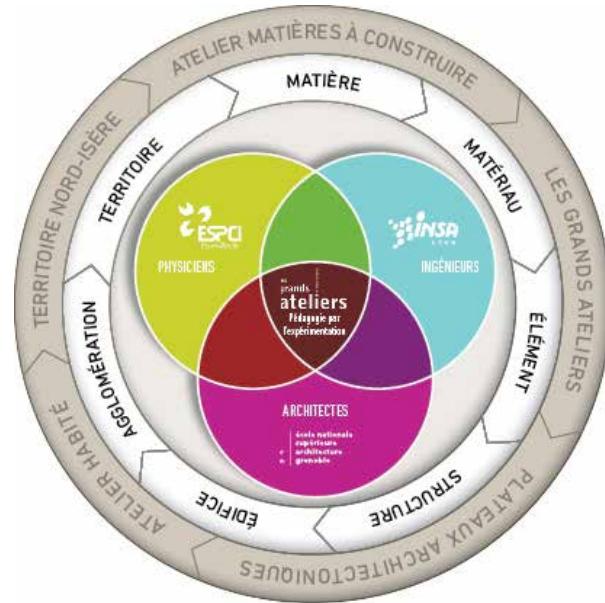
Dans le cadre de son partenariat avec l'INSA de Lyon, l'Atelier Matières à Construire (amàco) propose pour la première fois en 2015 aux élèves-ingénieurs de 5ème année un module transversal d'enseignement sur les matières et matériaux naturels dans la construction. L'objectif principal est de former des concepteurs, prescripteurs, maîtres d'œuvre capables d'innover dans l'utilisation de matériaux naturels largement disponibles.

Cette formation est elle-même innovante sur plusieurs aspects. Le sujet est en soi atypique dans un cursus d'école d'ingénieur, et pourtant profondément d'actualité. Les méthodes d'enseignement sont variées et souvent participatives. Elles mobilisent particulièrement les intelligences kinesthésique et sensible, la créativité et l'intelligence collective des apprenants. Les méthodes d'évaluation se veulent participatives et apprenantes.

Le projet *amàco* Initiatives D'Excellence en Formations Innovantes

6

Financé par les investissements d'avenir, l'**Atelier Matières à Construire (amàco)**, porté depuis 2012 par les Grands Ateliers, l'INSA de Lyon, l'École d'Architecture de Grenoble (ENSAG) et l'ESPCI ParisTech, travaille au développement d'outils pédagogiques autour de la construction durable principalement à destination d'élèves ingénieurs et architectes.



L'INSA Lyon École d'Ingénieurs

7

Créé en 1957 par le philosophe Gaston Berger et le recteur Jean Capelle, l'**Institut National des Sciences Appliquées de Lyon** est le plus ancien et le plus important des six établissements du Groupe INSA. Avec plus de 1400 diplômés par an et 5400 étudiants, l'INSA Lyon est également la première école d'ingénieurs de France.

Le cycle ingénieur dure cinq ans, ponctué par 7 à 11 mois de stages en entreprise. Il comporte d'abord deux années de contenus généralistes, qui sont le gage d'un socle de culture scientifique et humaine de haut niveau. Puis le second cycle de trois ans s'ouvre sur 9 spécialités d'excellence préparant à des métiers d'avenir.

L'INSA Lyon est également un pôle de recherche important avec 22 laboratoires, plus de 600 chercheurs et enseignants-chercheurs, 650 doctorants et plus d'un millier de contrats industriels avec le monde socio-économique.

La formation proposée ici, de 96h réparties sur deux mois, s'adresse aux étudiants de dernière année sous la forme d'une option transversale (OT). Les étudiants de différentes spécialités peuvent choisir cette option parmi un panel de propositions. Pour sa première édition en 2015, 17 étudiants se sont inscrits pour 20 places proposées, ce qui est très encourageant.



Matrice pédagogique de l'OT

Matériaux Innovants pour la Construction Durable

8

9

OBJECTIFS PÉDAGOGIQUES	CONTENUS	MÉTHODES D'ENSEIGNEMENT	MÉTHODES D'ÉVALUATION
pouvoir discuter de manière critique et argumentée de la pertinence de projets architecturaux face aux enjeux du DD	<ul style="list-style-type: none"> - scénario Negawatt - visite du patrimoine en pisé - outils : analyse cycle de vie, VERSUS 	<ul style="list-style-type: none"> - conférences - atelier - visite - tables rondes 	<ul style="list-style-type: none"> - discussion libre, questions réponses - questions posées pendant tables rondes - restitution orale d'une étude de cas par groupes de travail
avoir pris conscience de la diversité des matériaux naturels et de leurs utilisations possibles dans le bâtiment	<ul style="list-style-type: none"> - panorama architecture en terre crue - panorama architecture fibres - matériauthèque - matrices terres et fibres 	<ul style="list-style-type: none"> - conférences expérimentales - ateliers encadrés 	<ul style="list-style-type: none"> - discussions de restitution des ateliers encadrés
être capables de mettre en œuvre une démarche expérimentale de formulation de matériaux pour répondre à un cahier des charges	<ul style="list-style-type: none"> - théorie plans d'expériences 	<ul style="list-style-type: none"> - conférence - projet 	<ul style="list-style-type: none"> - séance de restitution des plans d'expériences - soutenances projet - rapport
proposer une analyse scientifique de résultats expérimentaux	<ul style="list-style-type: none"> - bétons d'argile - fibres végétales - propriétés hygrothermiques - liants minéraux 	<ul style="list-style-type: none"> - conférences expérimentales - projet 	<ul style="list-style-type: none"> - soutenances projet - rapport
être capables de s'organiser pour travailler en équipe	<ul style="list-style-type: none"> - définir des rôles - lister les compétences disponibles - organiser les échanges dans l'équipe 	<ul style="list-style-type: none"> - projet 	<ul style="list-style-type: none"> - présenter oralement l'organisation de l'équipe pendant la phase projet
être en mesure de postuler / trouver un emploi dans le réseau des filières «matériaux biosourcés»	<ul style="list-style-type: none"> - contacts de professionnels - besoins/problématiques actuels des filières "matériaux biosourcés" 	<ul style="list-style-type: none"> - tables rondes - conférences par des professionnels 	<ul style="list-style-type: none"> - questionnaires d'évaluation questionnaires

Planning

10

Lundi 16 février

8-9h introduction

9-12h world café

14-16h formation des groupes

Mardi 17 février

8-16h patrimoine en terre crue du Nord Isère

Mercredi 18 février

8-9h projet

9-12h atelier VERSUS
Sébastien Moriset et Nuria Sanchez

14-16h atelier VERSUS (suite)
Sébastien Moriset et Nuria Sanchez

Lundi 23 février

8-10h scénario Négawatt
Pascal Lenormand

10-12h projet

14-16h projet

Mardi 24 février

8-9h bâtir en terre

9-12h ateliers matériaux

14-16h architectures de bois
Dominique Gauzin-Müller

Mercredi 25 février

8-10h bâtir en fibres

10-12h ateliers matériaux

14-16h bétons d'argile

Lundi 2 mars

8-10h matières liantes

10-12h projet

14-16h analyse du cycle de vie
Benoît Verzat

Mardi 3 mars

8-10h plans d'expériences
Pascale Stéphan

10-12h projet

14-16h projet

Mercredi 4 mars

8-10h l'eau dans les matériaux

10-12h projet

14-16h projet

Lundi 9 mars

8-12h efficacité énergétique
Pascal Lenormand

14-16h projet

Mardi 10 mars

8-12h projet

14-16h projet

Mercredi 11 mars

8-10h projet

10-12h point d'étape

14-16h normes et réglementation

Lundi 16 mars

8-12h projet

14-16h projet

Mardi 17 mars

8-12h projet

14-16h étude de cas à Dehlingen
Louis Piccon

Lundi 23 mars

8-10h projet

10-12h marché, filières, enjeux

14-16h projet

Mardi 24 mars

8-10h projet

10-12h soutenances

14-16h rangement

Légende couleurs :

projet	conf. expérimentale
visite	atelier
conférence	table ronde

11

Visite du patrimoine en terre crue du Nord Isère - VISITE

MARTIN POINTET (AMÀCO)- 8H

14

Dès le deuxième jour de la formation, une journée de visite est proposée aux étudiants pour découvrir quatre projets de construction ou rénovation en terre crue.

Musée Mandrin à St Genix-sur-Guiers

Architecte : Guiespina Chiaramela

Entreprise Pisé : Caracol

Date de réalisation : 2011

Les murs de parement et de clôture du musée ont été réalisés en terre crue sous forme de pisé. ce chantier a permis de développer la technique du pisé préfabriqué en atelier puis assemblé sur chantier.



École primaire de Veyrins-Thuellins

Architecte : Architecture et Design (M.Stefanova et B.Marielle)

Entreprise Pisé : Heliopsis

Date de réalisation : 2007-2008

Ce bâtiment scolaire a une conception bioclimatique générale (orientation Sud, ventilation naturelle, matériaux locaux...). L'utilisation de la terre crue sous forme de pisé vient d'une vraie volonté politique faisant référence au patrimoine local. Situé au Sud sous forme de murs trumeaux porteurs, le pisé permet d'augmenter les apports solaires passifs.



Maison et extension privée à Villefontaine

Conception/réalisation : Caracol

Ce petit édicule est l'extension du salon d'une ancienne maison en pisé. Afin d'avoir une continuité avec l'existant, les clients ont souhaité réaliser les murs porteurs en pisé brut de décoffrage. Les larges ouvertures et l'orientation Sud couplées à l'inertie des murs, assurent le confort intérieur.



Martin Pointet est chercheur-formateur chez amàco mais également architecte-constructeur, co-fondateur de Caracol et plus récemment du BÉterre, bureau d'étude spécialisé sur la construction en terre crue. Avec Caracol, il a réalisé de nombreux chantiers neufs et de rénovation en terre dont certains primés par le prix national de l'architecture de terre.

15

Musée de la grange chevrotière à Artas

Architecte : C.Salerno

Entreprise Pisé : Caracol

Cette ancienne grange chevrotière (stockage et transformation du chanvre) a été transformée en éco-musée. Le parti pris architectural a été de conserver les murs intérieurs en pisé apparents afin de valoriser ce patrimoine. Les murs ont juste été rafraichis grâce à des techniques simples (rebouchage mortier terre, bouche à l'eau et brossage).



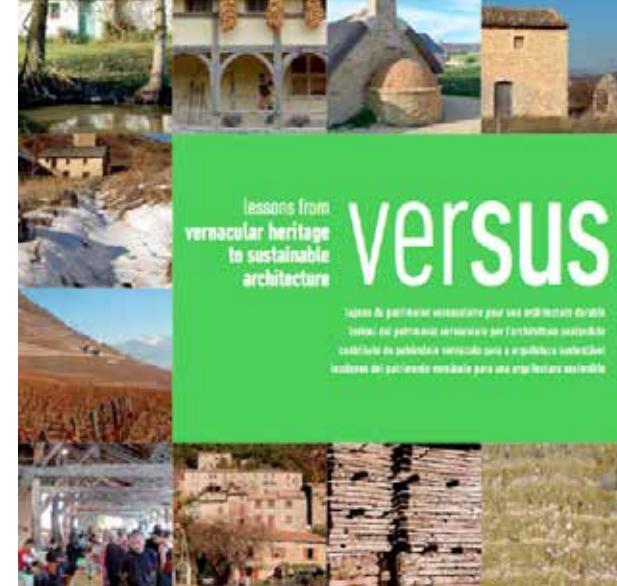
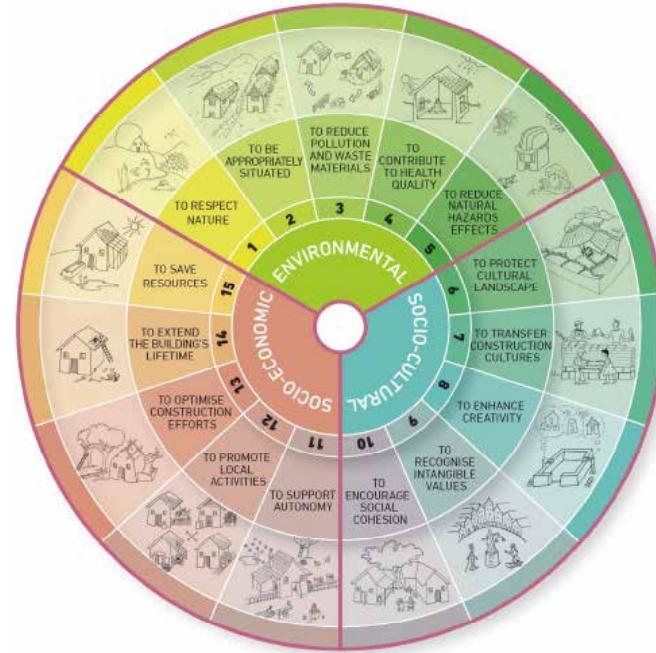
« VerSus » : Leçons du patrimoine vernaculaire pour une architecture contemporaine durable - ATELIER

NURIA SÁNCHEZ MUÑOZ ET SÉBASTIEN MORISET (CRATERRE-AE&CC-ENSAG) - 6H

16

VerSus est un projet de recherche européen qui analyse le patrimoine vernaculaire de la France, de l'Italie, de l'Espagne et du Portugal afin d'en tirer des enseignements pour la conception d'architectures durables. Le concept de durabilité est traité dans une perspective holistique, transversale et pluridisciplinaire.

L'analyse du patrimoine vernaculaire a permis d'identifier quinze grands principes de durabilité et une centaine de stratégies architecturales, permettant de couvrir les trois domaines de durabilité : environnement, sphères socio-culturelle et socio-économique. L'ensemble de ces principes et stratégies fournit une grille de lecture et d'évaluation de projets architecturaux contemporains.



Livret téléchargeable en ligne sur <http://www.esg.pt/versus/>

PROGRAMME DE L'ATELIER :

- 9h00 Présentation de l'outil d'analyse multi-critère VerSus
- 9h45 Analyse en plénière d'un projet contemporain du livret VerSus
- 11h00 Analyse en groupe d'un bâtiment à choisir parmi :
 - École de Veyrins-Thuellins
 - Musée d'Artas
 - Bibliothèque Marie Curie
- 12h00 Pause
- 14h00 Mise au propre
- 15h00 Restitution - évaluation



Sébastien Moriset est architecte, enseignant et chercheur, responsable du thème «Gestion participative du patrimoine» dans le programme scientifique du laboratoire AE&CC, Architecture, Environnement et Cultures Constructives de l'ENSA de Grenoble. Il a mené plus de 50 projets dans 33 pays d'Afrique et d'Asie. Il a élaboré de nombreuses propositions d'inscription sur la Liste du Patrimoine mondial, développé des plans de gestion et mis en œuvre des programmes de conservation.

17



Nuria Sánchez Muñoz est architecte espagnole spécialisée dans la construction en matériaux locaux et l'architecture durable. Après avoir travaillé 4 ans dans des cabinets européens d'architecture conventionnelle, elle se consacre au développement de projets d'architecture durable, en Afrique principalement (Sénégal, Ghana, Burkina Faso, Tanzanie, Gambie, Maroc) et en Espagne. Elle a récemment supervisé la construction d'un Centre d'Information Touristique en Tanzanie.



Scénario Négawatt et secteur du bâtiment - CONFÉRENCE

PASCAL LENORMAND (FORMATEUR NÉGAWATT) - 2H



18

En 2003, vingt-quatre ingénieurs engagés dans la recherche d'un avenir énergétique durable réalisaient le Scénario Négawatt, certainement la proposition la plus aboutie pour repenser la politique énergétique de la France. Ce travail repose sur une méthodologie rigoureuse constituée de trois piliers fondamentaux : la sobriété énergétique, l'efficacité énergétique, et le recours aux énergies renouvelables.

A l'horizon 2050 ce scénario prévoit de se passer totalement du nucléaire, de réduire la dépendance aux énergies fossiles, de développer les énergies renouvelables et de réduire considérablement les dépenses.



Pascal Lenormand est ingénieur de l'école Supaéro. Il a commencé sa carrière comme expert en thermique humaine pour Salomon, puis il a été Product Manager pour Mammut Sports Group AG, en Suisse. En 2006, il se forme auprès de l'ASDER (Chambéry) pour devenir chargé de projet en maîtrise de l'énergie, énergies renouvelables et éco-construction, puis il crée le bureau d'études INCUB' en 2007, spécialisé en sobriété énergétique des bâtiments. Il anime des formations professionnelles sur l'efficacité énergétique du bâtiment. Il est également formateur au sein de l'Institut négaWatt.



Efficacité énergétique des bâtiments - CONFÉRENCE

PASCAL LENORMAND (BE INCUB) - 4H



19

En France, les bâtiments représentent 46% de la consommation nationale d'énergie finale et 23 % des émissions de gaz à effet de serre. La rénovation thermique du parc immobilier français est considéré comme l'un des grands enjeux énergétiques actuels.

La performance énergétique d'un bâtiment peut se définir comme la capacité du bâtiment à répondre aux usages avec un minimum d'énergie.

La simulation thermique dynamique (STD) permet d'estimer les consommations réelles d'énergie, en tenant compte de l'enveloppe du bâtiment et de son inertie, des systèmes énergétiques (y compris les appareils électriques non thermiques), du comportement des occupants, et du climat local. L'étude est faite au pas de temps horaire. Avec l'accroissement des exigences de performance énergétique et environnementale sur les nouveaux bâtiments, la STD est de plus en plus intégrée au processus de conception des bâtiments.

L'outil STD est présenté au travers d'une étude de cas faite en direct devant les étudiants. Le cas d'un bâtiment simple contenant des bureaux est traité, avec différentes orientations du bâtiment, différentes solutions techniques (matériaux, ouvertures), différents usages, afin de cerner rapidement les principaux facteurs d'influence.

Analyse du Cycle de Vie - CONFÉRENCE

BENOÎT VERZAT (BE QUANTIS) - 2H 

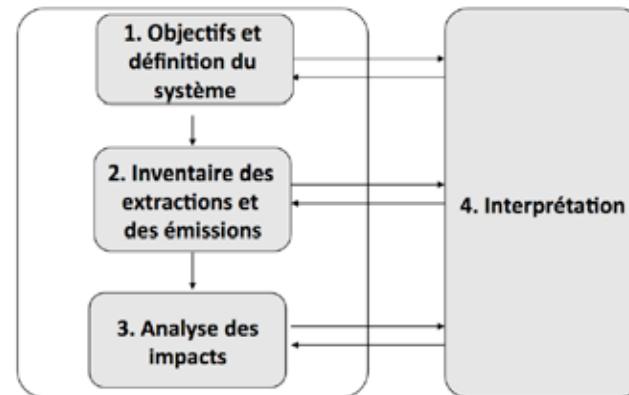
20

L'analyse du cycle de vie (ACV) est un moyen systémique d'évaluation des impacts environnementaux globaux d'un produit, d'un service, d'une entreprise ou d'un procédé. Cette méthode est standardisée (série de normes ISO 14040).

Son but, en suivant la logique de « cycle de vie », est de connaître et pouvoir comparer la pression d'un produit sur les ressources et l'environnement tout au long de son cycle de vie, de l'extraction des matières premières jusqu'à son traitement en fin de vie (mise en décharge, recyclage...) en passant par les ressources naturelles utilisées.



Benoit Verzat est chef de projet chez Quantis, un cabinet conseil spécialisé dans l'analyse du cycle de vie qui accompagne des entreprises et institution dans la gestion de leur empreinte environnementale. Quantis propose à ses clients tout un panel de services et solutions: analyse du cycle de vie des organisations et de leurs produits, bilan carbone, logiciel de gestion des données, etc.



MATIÈRES À CONSTRUIRE

L'enseignement sur les matières à construire proposé dans cette formation vise à élargir le champ des matériaux classiquement étudiés, comme le bois, l'acier, le béton, grâce à une approche transversale qui aborde la physique de la matière en grains, en fibres, molle, liante. Cela amène à une compréhension de fond des spécificités de chaque matière et permet d'envisager différemment la formulation de nouveaux matériaux.

L'approche pédagogique fait la part belle à l'expérimentation, pour que les étudiants ressentent par eux-mêmes le comportement des différentes matières. Les conférences proposées ici sont dites expérimentales car elles abordent les phénomènes physico-chimiques par des expériences simples, démonstratives et esthétiques, réalisées en direct ou sous forme de vidéos réalisées par le projet amàco.

Techniques de mise en œuvre de la terre crue - ATELIER

AURÉLIE VISSAC ET MARIETTE MŒVUS-DORVAUX - 3H

24

Cet atelier propose de découvrir quelques unes des techniques de mise en œuvre de la construction en terre par le geste. En manipulant les outils propres à chaque technique, les participants réalisent de manière collective plusieurs murs et des éléments de maçonnerie : des blocs de pisé (technique monolithique), des adobes (éléments de maçonnerie), remplissage terre-paille ou terre-chanvre (remplissage d'une ossature). Ils prennent également conscience de l'importance de la main d'œuvre dans les techniques traditionnelles.

Trois ateliers correspondant aux trois techniques évoluent en parallèle. Les étudiants travaillent par groupes de six, et tournent de manière à pouvoir expérimenter chacun deux techniques différentes.

A la fin de l'atelier, tous les groupes se rassemblent pour un temps de discussion collective autour des éléments réalisés. Les étudiants sont amenés à partager ce qu'ils ont appris au travers des trois techniques expérimentées : spécificités de la technique utilisée, consistance de la terre, paramètres influents, etc.



Fluidité de la terre coulée - ATELIER

AURÉLIE VISSAC ET MARIETTE MŒVUS-DORVAUX - 3H

25

Ce test vise à mettre en évidence l'influence de deux paramètres sur la fluidité de la terre coulée : la proportion de liant par rapport aux grains et la teneur en eau dans le liant argileux.

Un groupe de 5 ou 6 étudiants réalise une matrice d'échantillons à partir d'une terre tamisée choisie. Cette terre tamisée à 0,2mm et mélangée à de l'eau constitue le liant argileux, auquel des graviers sont ajoutés pour former le squelette du matériau. Les proportions liant/grain et eau/liant varient pour chaque échantillon. En démoulant un mélange donné dans la case correspondante, il se forme une galette qui s'étale plus ou moins en fonction de la fluidité du mélange.

Les étudiants sont invités à compléter des supports d'apprentissage au cours de l'atelier en notant leurs observations.

A la fin de l'atelier, un temps de discussion collective permet aux étudiants de synthétiser à chaud ce qu'ils ont appris de l'atelier.



Test Carazas (terres et fibres) - ATELIER

AURÉLIE VISSAC ET MARIETTE MŒVUS-DORVAUX - 3H

26

L'exercice Carazas permet d'appréhender par l'expérimentation le lien entre l'état hydrique d'une terre et la technique de mise en œuvre. Une adaptation de cet exercice a été proposée pour les fibres végétales, afin d'appréhender avec les sens la capacité d'absorption d'eau des fibres, leur caractère hydrophile ou hydrophobe, et leur comportement dans la mise en œuvre de composites plus ou moins fibrés.

Cet atelier permet de prendre conscience des potentialités des matières premières à disposition pour la création de nouveaux éco-matériaux de construction.

L'exercice Carazas consiste à réaliser une matrice d'échantillons (ici des cubes de 10cm) à partir d'une terre sélectionnée, en faisant varier deux paramètres : la teneur en eau (terre à l'état sec, humide, plastique, visqueux, liquide) et la mise en œuvre (verser, tasser, compacter).

Pour les fibres, un seul geste de mise en œuvre a été conservé (compacter par couches). Pour chaque fibre, on fait varier la longueur des fibres (par ex : copeaux grossiers et copeaux fins) et l'état hydrique (sec, humide, mouillé), avec deux colonnes supplémentaires correspondant à l'ajout d'une barbotine liquide pour agglomérer les fibres, et l'ajout de fibres dans une boue visqueuse.

Par groupes de cinq, les étudiants ont ainsi manipulé trois terres et six fibres différentes (paille longue et coupée, copeaux de bois fins et grossiers, chènevotte fine et grosse).

Les étudiants complètent des supports d'apprentissage au cours de l'atelier en notant leurs observations. À la fin de l'atelier, un temps de discussion collective permet aux étudiants de synthétiser à chaud ce qu'ils ont appris.

	SEC	HUMIDE	PLASTIQUE	VISQUEUX	LIQUIDE
VERSER 	*	*	*	*	*
PRESSER 	*	*	*	*	*
COMPACTER 	*	*	*	*	*



Bétons d'argile - CONFÉRENCE EXPÉRIMENTALE

MARIETTE MŒVUS-DORVAUX (AMÀCO) - 2H

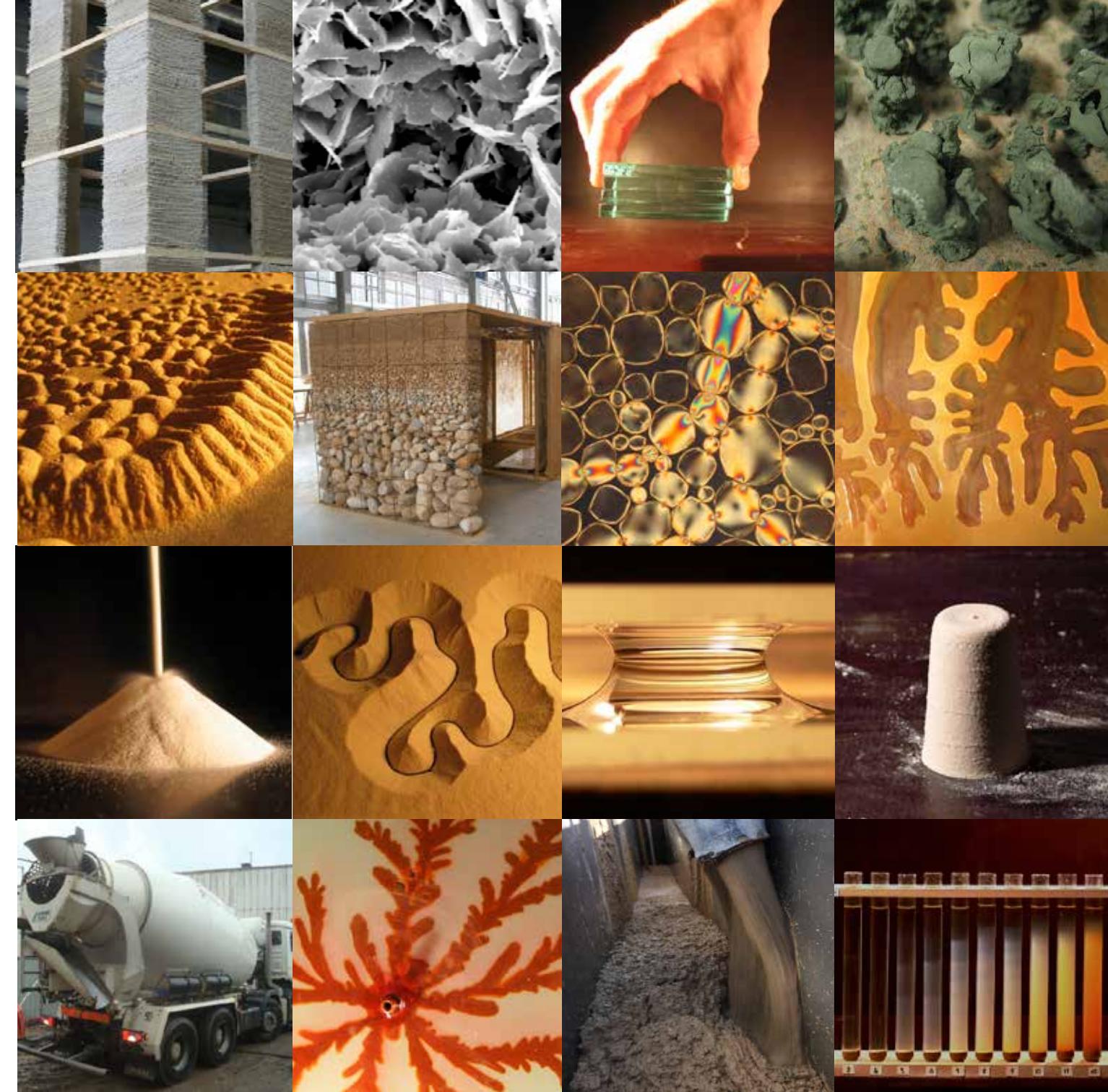
30

En complément de la conférence Bâtir en terre, cette conférence aborde plus en profondeur la physique du matériau terre, qui, à l'instar des bétons de ciment, est considéré comme un béton d'argile.

Dans une première partie, on s'intéresse à la physique du tas de sable, ou de la matière en grains. Sont abordés l'ambivalence liquide/solide de cette matière, les empilements granulaires si déterminants dans la formulation des bétons, l'impact de la forme des grains, les chaînes de forces au sein de la matière.

Puis on arrive logiquement à la physique du château de sable, où la matière eau s'associe à la matière en grains pour lui apporter de la cohésion grâce aux ponts capillaires. Plus les grains sont fins, plus les forces capillaires sont importantes... l'eau joue donc un rôle capital au sein du liant argileux constitué de particules micrométriques.

La troisième partie aborde la spécificité des boues d'argile, cette étonnante matière molle qui se fluidifie quand on la met en mouvement, qui change d'état en fonction du pH et de la salinité de l'eau.



L'eau dans la terre crue - CONFÉRENCE EXPÉRIMENTALE

LUCILE COUVREUR (AMÀCO) - 2H

36

L'eau est omniprésente dans les matériaux de construction à chaque étape de leur cycle de vie. Cette conférence aborde le cas de l'eau en interaction avec la terre crue, pour comprendre les enjeux de la maîtrise de l'eau à chaque étape.

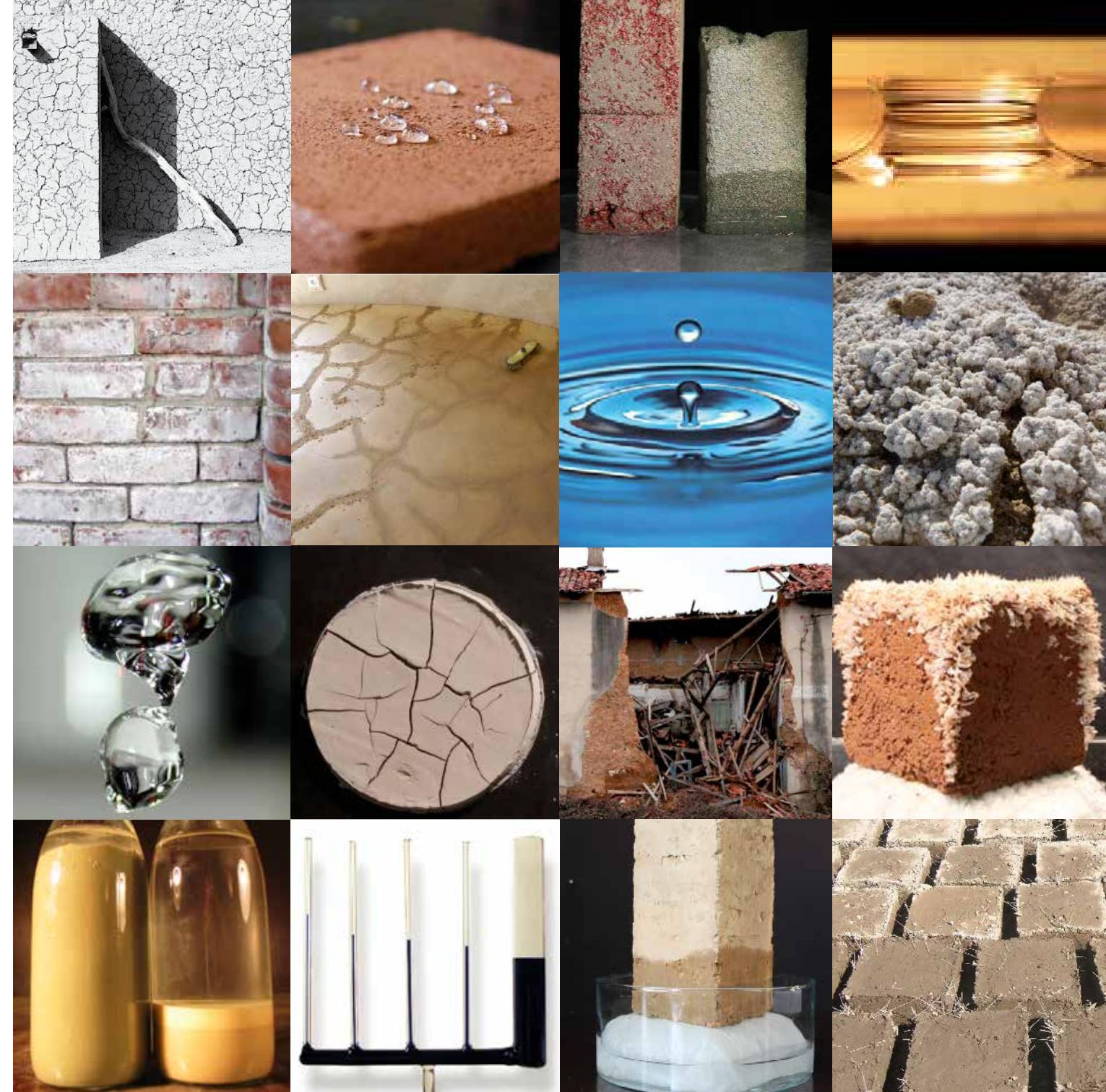
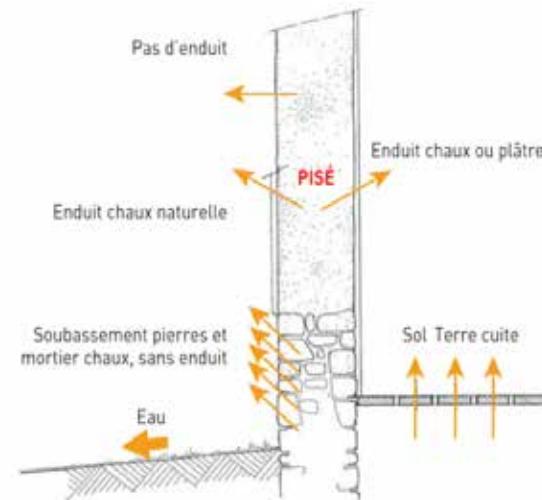
L'eau introduite lors de la mise en œuvre permet d'ajuster la consistance du matériau, de le fluidifier ou de le rendre "collant" pour un mortier. Puis l'eau s'évapore progressivement pendant la phase de séchage, pouvant provoquer de la fissuration.

Une fois sèche, la terre, qui est poreuse, conserve toujours une certaine teneur en eau. Les ponts capillaires microscopiques jouent un rôle essentiel dans la cohésion du matériau. Mais paradoxalement, plus la teneur en eau du matériau est élevée, plus sa cohésion diminue.

La teneur en eau de la terre varie en fonction de la température et de l'humidité

relative ambiante. Les phénomènes d'évaporation / condensation absorbent et dégagent de l'énergie, contribuant à l'inertie thermique de ce matériau à changement de phase naturel.

Enfin l'eau peut être source de pathologies. Les remontées capillaires dans un mur peuvent l'affaiblir, transporter des sels qui "rongent" le matériau. Les pluies battantes sur un mur entraînent une érosion.



LE PROJET

Sur 96h de formation, 52h ont été allouées au projet. Il s'agit pour les étudiants de mettre en œuvre une démarche expérimentale de formulation de matériaux à partir de ressources naturelles mises à disposition.

Les étudiants travaillent en équipe de cinq personnes. Chaque équipe traite un sujet différent, et doit développer un nouveau matériau en temps limité répondant à la demande spécifique d'un client.

Ils peuvent ainsi mettre en pratique les enseignements donnés lors des conférences et ateliers encadrés.



Consignes

40

Les étudiants se sont répartis en quatre équipes en respectant l'impératif de mélanger les compétences disponibles. Chaque équipe doit formuler un matériau à base de terre et de fibres végétales, en répondant à l'un des sujets suivants, en visant un coût et un impact environnemental faibles.

Sujet 1 : MUR COULÉ PORTEUR

Demande du client :

Un mur d'épaisseur 30cm, hauteur 3m, coulé-vibré dans des coffrages à béton, décoffrable en 24h maxi, capable de supporter la charge d'une charpente bois et couverture en tuiles de terre cuite.

Prototype :

Un muret de dimensions 38x45x10 cm³.

Sujet 2 : MUR BANCHÉ ISOLANT

Demande du client :

Un mur de 3m de hauteur (épaisseur à définir) non porteur, coulé-vibré dans des coffrages à béton, de résistance thermique au minimum égale à 4.

Prototype :

Un muret de dimensions 38x45x10 cm³.

Sujet 3 : MONOBLOC ISOLANT PORTEUR

Demande du client :

Des blocs à assembler en maçonnerie pour construire un mur de 3m de hauteur (épaisseur à définir), de résistance thermique au minimum égale à 4, capable de supporter la charge d'une charpente bois et couverture en tuiles de terre cuite.

Prototype :

Un bloc de dimensions 38x45x10 cm³.

Sujet 4 : DALLE COULÉE

Demande du client :

Une dalle autonivellante de 3mx3mx5cm, sur laquelle sera posée une couche de finition (carreaux céramique).

Prototype :

Une dallette de dimensions 26x42x5 cm³.



JALONS INTERMÉDIAIRES :

- traduire la demande du client en spécifications techniques et choisir les essais de caractérisation adaptés
- identifier quels sont les paramètres de formulation les plus influents
- établir un plan d'expériences pertinent
- bilan personnalisé intermédiaire : discussion avec les enseignants
- fabriquer un prototype ayant la composition optimale

RENDU FINAL :

Un rapport de 15 pages et une présentation orale de 15 min + 15 min de questions.

Le rapport et la présentation devront contenir les éléments suivants :

- démarche de formulation
- influence des principaux paramètres sur les caractéristiques finales
- analyse des phénomènes physiques qui expliquent ces comportements
- présentation du produit obtenu, ses caractéristiques, les préconisations d'utilisation
- comparaison aux produits concurrents sur le marché

Moyens mis à disposition

42

MATÉRIAUX

LIANTS

- Terre de Brézins 0-25mm
- Boue de lavage CEMEX

GRANULATS

- Sable 0-4mm
- Gravier 4-10mm
- Pouzzolanes 07/15

FIBRES

- Copeaux de bois
- Sciure de bois
- Paille
- Papier journal
- Chènevotte

ADDITIFS POSSIBLES : dispersants, superplastifiants, sel, savon liquide, soude, acide, ...

STABILISANTS

- Ciment prompt
- Ciment Portland
- Chaux hydraulique
- Plâtre

ÉQUIPEMENT

- Machines d'essais mécaniques (compression)
- Mesure de conductivité thermique par la technique du fil chaud
- Balances de précision
- Pieds à coulisse, réglets, mètres
- Étuves, ventilateurs
- Moules de tailles différentes
- Malaxeurs à pales
- Cône d'Abrahms
- Tables à chocs
- Aiguille vibrante
- etc.

Méthode d'évaluation

L'évaluation est réalisée par un jury d'enseignants et par les étudiants, selon la grille d'évaluation ci-dessous comportant sept critères, avec les pondérations suivantes :

- 60% : note du jury
- 20% : auto-évaluation par les étudiants du groupe évalué
- 20% : évaluation par les autres étudiants

	excellent	bien	convenable	insuffisant
POSITION DU PROBLÈME Traduction de la demande du client en spécifications techniques pertinentes.				
DÉMARCHE DE FORMULATION Démarche claire, rationnelle et pertinente, fondée sur une compréhension scientifique des paramètres influents.				
PRODUIT PROPOSÉ Pertinence du produit par rapport à la demande du client. Prise de recul par rapport aux produits existant sur le marché.				
ANALYSE SCIENTIFIQUE Compréhension physique / scientifique des résultats. Pistes d'amélioration du produit.				
QUALITÉ DE LA RÉDACTION Synthèse claire et organisée de la stratégie de formulation et des résultats obtenus.				
QUALITÉ DE LA PRÉSENTATION ORALE Informations présentées de manière claire et convaincante. Présentation par toute l'équipe bien coordonnée.				
TRAVAIL EN ÉQUIPE Efficacité de l'organisation en équipe. Implication de chacun.				

Un WORLD CAFÉ pour des discussions constructives ...

44

Le World Café est un processus créatif qui vise à faciliter le dialogue constructif et le partage de connaissances et d'idées. Ce processus reproduit l'ambiance d'un café dans lequel les participants débattent d'une question ou d'un sujet en petits groupes autour de tables.

Toutes les 20 minutes, les participants changent de table. Un hôte reste à la table et résume la conversation précédente aux nouveaux arrivés. Les conversations en cours sont alors fécondées avec les idées issues des conversations précédentes avec les autres participants.

Chaque table est recouverte d'une nappe en papier sur laquelle les participants peuvent écrire, gribouiller, dessiner au fur et à mesure des discussions. L'hôte veille à ce que toutes les idées soient notées sur ce support pour en garder la trace.

Utilisé dès le premier jour de la formation, le World Café permet ici aux étudiants de se



... et pour identifier les premières stratégies de formulation

MARIETTE MŒVUS-DORVAUX (AMÀCO) - 3H

45

rencontrer, de repérer les compétences de chacun, de faciliter les liens pour le travail en équipe à mener pendant le projet.

Le thème choisi pour ce world café est : Identifier des stratégies de formulation de matériaux pour le projet.

Les participants évoluent sur quatre tables portant les questions suivantes, en lien avec le thème global :

- Comment maximiser la cohésion ?
- Comment éviter la fissuration ?
- Comment fluidifier ?
- Comment obtenir un panneau vissable ?

A l'issue des discussions, les étudiants sont amenés à former les équipes projet. Ils ont alors un premier espace d'échange par équipe pour poser les bases de leur organisation interne.



Théorie des plans d'expériences - CONFÉRENCE

PASCALE STÉPHAN (INSA DE LYON) - 2H

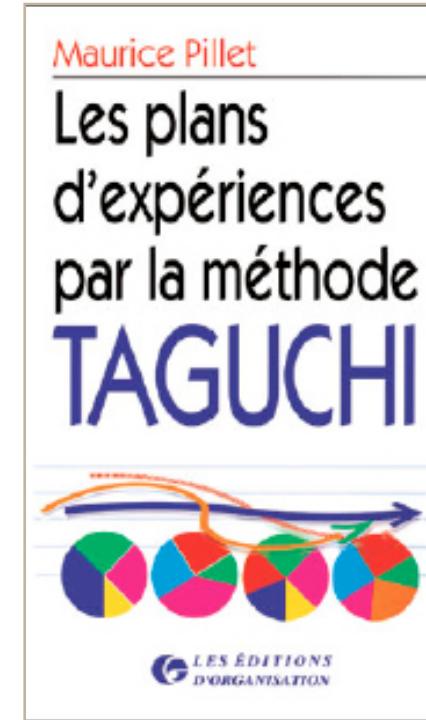
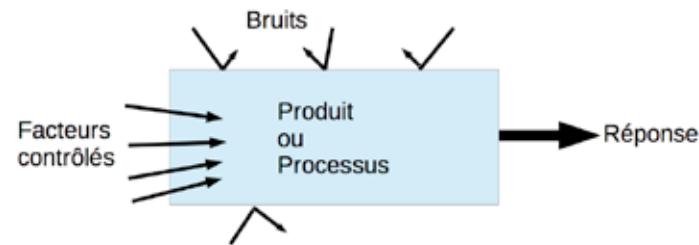
46

Dans le cadre du projet, la théorie des plans d'expériences selon la méthode Taguchi est présentée aux étudiants, puis mise en pratique dans le cadre du projet.

La méthode Taguchi est une méthode statistique d'élaboration de plans d'expériences, qui permet de minimiser l'impact des facteurs bruit sur le résultat d'un processus et d'interpréter rapidement l'influence de différents facteurs, en un minimum d'expériences.

La démarche proposée comporte les étapes suivantes :

- Choix et définition du problème à traiter
ex. : formuler des monoblocs isolants en béton d'argile
- Définir l'objectif à atteindre
ex. : conductivité thermique égale à 0,1 W/m.K
- Choix des facteurs à tester : nature des facteurs, nombre, choix des niveaux
ex. : 2 niveaux de teneur en fibres : 10% et 15%, 2 niveaux de teneur en ciment : 0% et 3%, etc.
- Choix de la matrice d'expériences
ex. : matrice orthogonale L4 pour 3 facteurs à 2 niveaux
- Réalisation des essais : méticulosité, précision et rigueur
- Dépouillement des résultats
détermination des facteurs les plus influents, analyse des interactions, détermination du niveau optimal pour chaque facteur
- Réalisation de l'essai de validation
fabriquer le matériau optimisé, le caractériser
- Ajustement de la valeur à atteindre
ajuster un ou deux des facteurs influents



Chaque équipe projet a élaboré ses propres plans d'expériences, après quelques essais préliminaires nécessaires pour identifier les facteurs clés de leur formulation. Cela a amené les étudiants à se poser les bonnes questions et à rechercher l'efficacité dans leur travail expérimental.

47

La méthode Taguchi permet de réduire considérablement le nombre d'expériences à réaliser pour atteindre un résultat fiable et robuste.

N° essai	Facteurs testés							Résultat
	A	B	C	D	E	F	G	
1	1	1	1	1	1	1	1	R1
2	1	1	1	1	1	1	2	R2
3	1	1	1	1	1	2	1	R3
4	1	1	1	1	2	1	1	R4
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
127	2	2	2	2	2	2	1	R127
128	2	2	2	2	2	2	2	R128

↓

N° essai	Facteurs testés							Résultat
	A	B	C	D	E	F	G	
1	1	1	1	1	1	1	1	R1
2	1	1	1	2	2	2	2	R2
3	1	2	2	1	1	2	2	R3
4	1	2	2	2	2	1	1	R4
5	2	1	2	1	2	1	2	R5
6	2	1	2	2	1	2	1	R6
7	2	2	1	1	2	2	1	R7
8	2	2	1	2	1	1	2	R8

SUJET 1 : MUR COULÉ PORTEUR

RÉSULTATS

48

Le cahier des charges établi à partir de la demande du client est le suivant :

- une consistance fluide S2/S3 mesurée au cône d'Abrahms
- une résistance à la compression de 0,06MPa à 24h
- une résistance à la compression de 0,7MPa à 15 jours
- une bonne homogénéité du matériau, vérifiée par l'observation d'une coupe longitudinale d'éprouvettes cylindriques.

La contrainte de décoffrabilité à 24h impose l'utilisation d'un stabilisant minéral. Un travail spécifique a été mené pour comparer l'utilisation de la chaux aérienne, du plâtre et du ciment. Le meilleur compromis efficacité / impact environnemental est obtenu avec le ciment Portland.

Le matériau mis au point par les étudiants contient :

- terre de Brézins tamisée à 10mm
- 3% massique de ciment Portland
- 3% massique de chènevotte



SUJET 2 : MUR BANCHÉ ISOLANT

RÉSULTATS

Le béton d'argile formulé doit être mis en œuvre dans des coffrages. La recherche d'une consistance fluide à la mise en œuvre a été abandonnée car l'ensemble du cahier des charges initial était trop contraignant. Le matériau doit avoir une conductivité thermique de 0,1 W/m.K pour un mur de 40cm d'épaisseur. Il doit également supporter son propre poids au décoffrage, à l'état humide.

L'exigence de conductivité thermique implique de minimiser la masse volumique du matériau, avec une quantité importante de fibres végétales (paille ou chènevotte). Les granulats sont à éviter car ils alourdissent le matériau sans contribuer à la cohésion entre le liant minéral et la paille. Les étudiants ont donc choisi d'utiliser la boue de lavage, qui ne contient que de l'argile et des particules fines, plutôt que la terre de Brézins riche en granulats.

Le liant du matériau mis au point par les étudiants contient

- boue de lavage
- 4% massique de ciment Portland
- 4% massique de dispersant

Ce liant est mélangé à des fibres de chènevotte longue :

- 83% liant
- 17% chènevotte



SUJET 3 : MONOBLOC ISOLANT PORTEUR

RÉSULTATS

50

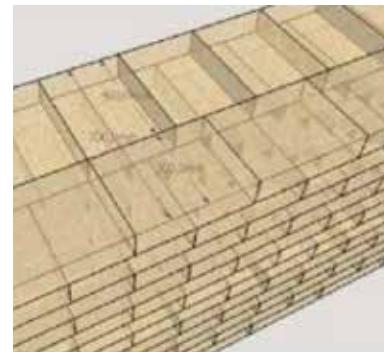
Le béton d'argile formulé doit avoir une conductivité thermique la plus faible possible (au maximum 0,175 W/m.K) et une résistance à la compression minimale de 0,5 MPa. Les dimensions des monoblocs sont à choisir de manière à ce qu'ils soient manipulables facilement et permettent d'atteindre une résistance thermique du mur de 4.

Les monoblocs mis au point par les étudiants contiennent :

- boue de lavage
- 10% ou 15% massique de paille courte
- 1% massique de chaux hydraulique
- 0,5% massique dispersant par rapport à la masse de boue sèche

La masse volumique est de 930 kg/m³ avec 10% de paille, et de 870 kg/m³ avec 15% de paille. La conductivité thermique mesurée au fil chaud est 0,16 W/m.K. La résistance à la compression, mesurée sur des échantillons encore humides, est supérieure à 0,5 MPa.

Les monoblocs proposés mesurent 40cm x 30cm x 10cm et s'assemblent comme sur le schéma ci-dessous pour obtenir un mur de 70cm d'épaisseur.



SUJET 4 : DALLE COULÉE

RÉSULTATS

51

Le béton d'argile formulé doit avoir une consistance très fluide, caractérisée par un test d'étalement, et un faible retrait de séchage pour limiter l'apparition de fissures. Des préconisations de mise en œuvre peuvent être données pour un rendu sans fissures: surface maximum pouvant être coulée sans fissuration par exemple.

Les étudiants ont choisi d'utiliser la terre de Brézins tamisée à 8mm et de l'amender en sables fin (0-4mm) et gros (4-10mm), de manière à optimiser la granulométrie du matériau. L'utilisation d'un dispersant permet de fluidifier en limitant la quantité d'eau à la mise en œuvre. Ils ont aussi choisi d'introduire de la chaux hydraulique comme stabilisant et des fibres pour limiter la fissuration.

Le matériau mis au point par les étudiants contient :

- 30% terre de Brézins tamisée à 8mm
- 29% sable 0-4mm
- 29% sable 4-10mm
- 9,5% massique de chaux
- 2,5% sciure de bois





OPPORTUNITÉS PROFESSIONNELLES

L'option transversale proposée s'adresse à des étudiants sur le point d'intégrer le marché de l'emploi. Aussi l'un des objectifs de la formation est de permettre aux étudiants intéressés de découvrir le réseau des filières «matériaux biosourcés».

Le choix des intervenants extérieurs, dont certains ont déjà été présentés dans ce rapport, a été fait de manière à présenter aux étudiants différents métiers et différentes approches. Deux conférences présentées ci-après viennent compléter le panorama des conférences invitées.

Pour clôturer la formation, deux tables rondes ont été organisées sur des sujets d'actualité en lien avec le développement des filières biosourcées. Cinq intervenants représentant des filières et des métiers différents ont été invités à chaque table ronde pour partager leurs expériences en lien avec les sujets abordés.

Légèreté de l'Être

Nouvelles architectures de bois françaises - CONFÉRENCE

54

DOMINIQUE GAUZIN-MÜLLER - 2H

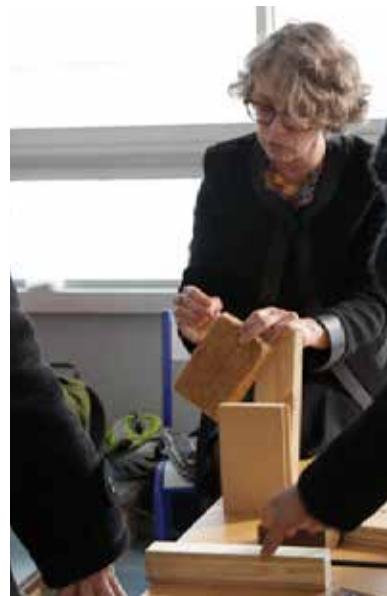
Cette conférence proposée par Dominique Gauzin-Müller porte sur l'évolution récente de l'architecture de bois en France.

De nombreux projets exemplaires, variés, innovants sont présentés, donnant un aperçu de la richesse de ce patrimoine architectural.

Le développement de la filière bois a donné lieu à l'apparition de nouveaux matériaux à base de fibres de bois sur le marché de la construction, grâce à l'innovation scientifique.



Dominique Gauzin-Müller est rédactrice en chef du magazine eK, professeure honoraire de la chaire UNESCO-CRAterre et enseignante spécialiste d'une approche écoresponsable en architecture et urbanisme.



Étude de cas : le Centre d'interprétation du patrimoine archéologique de Dehlingen

CONFÉRENCE - LOUIS PICCON (NUNC ARCHITECTES, INSA DE STRASBOURG) - 2H

Représentant la maîtrise d'œuvre, Louis Piccon a présenté le projet de construction du Centre d'Interprétation du patrimoine archéologique de Dehlingen, un projet qui a été primé plusieurs fois.

De la conception à la réalisation, les grandes étapes du projet ont été abordées, en explicitant notamment les choix faits pour les matériaux, les solutions techniques, les entreprises de construction spécialisées, en cohérence avec les contraintes socio-économiques et le contexte architectural local.

Le bâtiment est économe en énergie et labellisé BBC, grâce notamment aux double parois en pisé avec isolant liège à l'intérieur, au mur trombe côté sud qui emmagasine les apports solaires, et au système de ventilation naturelle qui permet d'éviter les surchauffes en été.

Louis Piccon est enseignant à l'INSA de Strasbourg et architecte au sein de l'agence Nunc architectes, engagée depuis longtemps dans une démarche environnementale et sociale, pour une architecture responsable.

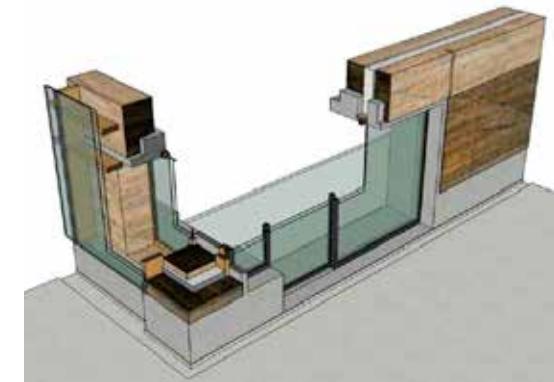


TABLE RONDE : Normes et réglementation pour l'utilisation de nouveaux matériaux dans le domaine de la construction

56

LE 11 MARS 2015 - DE 14H À 16H

Salle Descartes, Bâtiment Blaise Pascal 1er étage à l'INSA de Lyon



L'objectif de cette table ronde est de répondre aux questions suivantes en confrontant différents points de vue en fonction des filières et des corps de métiers.

- En quoi la mise en place de normes est-elle utile pour le développement de filières émergentes de matériaux de construction durables ?
- En l'absence de normes, comment un professionnel peut-il travailler avec des matériaux durables innovants ?
- En quoi la réglementation française diffère-t-elle de la réglementation européenne ?
- Les normes sont-elles une contrainte, une assurance ou permettent-elles davantage d'opportunités ?

MAXIME ROGER CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT



Après avoir débuté au CSTB en tant qu'ingénieur étude et évaluation, en charge de l'instruction de demandes d'avis techniques sur les procédés spéciaux d'isolation, Maxime Roger a poursuivi sa carrière

en tant que chef de la division hygrothermique des ouvrages, puis directeur de la direction opérationnelle isolation et revêtements du CSTB. Maxime Roger encadre aujourd'hui les activités d'évaluation, de certification, d'essais et de recherche sur les produits d'isolation, les enduits, mortiers et revêtements sols et façade. Ses équipes participent activement aux travaux de normalisation sur les produits et ouvrages concernés, et proposent des appuis techniques au(x) ministère(s) en charge de l'élaboration de la réglementation.

QUENTIN PICHON FILIÈRE CHANVRE



Ingénieur de l'Ecole Spéciale de Travaux Publics de Paris, Quentin Pichon travaille au sein de l'association Construire en Chanvre depuis 2014. L'organisme Construire en Chanvre a été créé en 1998

par des professionnels du bâtiment pour encourager le développement de l'utilisation du chanvre dans le domaine de la construction. Les actions de Construire en Chanvre se positionnent à la fois sur le conseil, l'assistance à la construction, la formation aux entreprises/maîtres d'œuvre/architectes/auto-constructeurs, ainsi que sur la recherche et le développement autour des bétons de chanvre.

EMERIC TRUCHET FILIÈRE BOIS



Ingénieur matériaux, spécialisé en bois construction, Emeric Truchet est diplômé de l'INSA de Lyon et a suivi une formation à la Technical University of Denmark en sciences et technologies du bois. Il a ensuite travaillé chez Gaujard Technologie Scop, bureau d'étude spécialisé dans la structure bois et l'enveloppe des bâtiments en matériaux bio-sourcés. Sa spécialité est la conception de parois à ossature bois à hautes performances hygrothermiques.

Actuellement prescripteur bois au sein de FIBRA (France Bois Forêt et la Région Rhône-Alpes), sa mission est de promouvoir l'utilisation du bois dans la construction et d'accompagner les maîtres d'ouvrage dans leurs projets.

LUC VAN NIEUWENHUYZE FILIÈRE TERRE



Membre du bureau de l'association AsTerre (Association nationale des professionnels de la terre crue), Luc Van Nieuwenhuyze a suivi les travaux sur la réglementation pour la

construction en terre et le démarrage de la rédaction de guides de bonnes pratiques. Il est également artisan maçon spécialiste de la rénovation et de la réhabilitation du bâti ancien. Il a réorienté son activité vers la formation sur les techniques traditionnelles du bâti ancien et son usage contemporain. Il participe au projet PIRATE visant à développer le référentiel de compétences pour la formation des professionnels autour de la construction en terre.

CORALIE GARCIA FILIÈRE PAILLE



A la suite d'un DUT génie Civil et d'un Master en génie de l'habitat, Coralie Garcia a intégré le Réseau Français de la Construction Paille (RFCP) en tant que membre du Conseil d'Administration.

Elle est maintenant co-présidente et ce pour la quatrième année.

Après avoir participé à la mise en place des Règles Professionnelles de la Construction Paille (applicables depuis janvier 2012) et d'essais validant le matériau paille, elle anime des ateliers et coordonne la structuration de la filière construction paille en région Rhône-Alpes au sein de l'association Oïkos.

57

TABLE RONDE : Les freins et les leviers du développement de la filière terre dans le bâtiment

58

LE LUNDI 23 MARS 2015 - DE 10H À 12H

Salle Charpy, Bâtiment Blaise Pascal 1er étage à l'INSA de Lyon

L'objectif de cette table ronde est de répondre aux questions suivantes en confrontant différents points de vue en fonction des corps de métiers.

- Présentation de différents points de vue des corps de métiers sur l'avenir de la filière terre dans le bâtiment à partir de témoignages d'architectes, industriels, artisans, ingénieurs et maîtres d'ouvrages.
- Identification des freins et des leviers au développement de la filière terre dans le bâtiment
- Découverte de réseaux de professionnels pour cette filière

THOMAS JUSSSELME



Thomas Jusselme a suivi une formation d'ingénieur en génie de l'environnement et une spécialisation en Design Industriel à l'Université Technologique de Compiègne. Directeur scientifique et co-fondateur d'exNdo studio, il a piloté à ce jour l'éco-conception de plus d'une centaine de projets. Il est également impliqué dans la formation des architectes et a enseigné 6 ans entre 2008 et 2014 au sein des Écoles d'Architecture de Grenoble et de Lyon sur des questions de qualité environnementale, de bioclimatisme et d'efficacité énergétique. Dans ce cadre, il remporte le Solar Decathlon à Madrid en 2012 avec la Team Rhone-Alpes. Depuis 2014, il est responsable du programme de recherche Building 2050 à l'EPFL pour le smart living lab de Fribourg.

ELVIRE LEYLAVERGNE



Architecte HMONP, spécialisée dans la construction en terre crue, Elvire Leylavergne est diplômée de l'ENSA de Grenoble et du laboratoire CRATerre. Elle a ensuite travaillé en Chartreuse au sein de l'Atelier 21, une agence d'architecture engagée dans le développement local de la filière bois de Chartreuse. Actuellement architecte au sein de l'Atelier Zéro Carbone en Côte d'or, Elvire Leylavergne a pour mission de développer l'utilisation des ressources locales et plus particulièrement les différentes techniques de construction en terre crue au sein de projets essentiellement viticoles.

LOUIS NATTER



Après avoir été responsable développement durable à l'UNICEM (Union nationale des industries de carrières et matériaux de construction), Louis Natter est aujourd'hui responsable marketing et développement chez CEMEX France (entreprise de matériaux de construction) pour l'activité granulats. Au sein de CEMEX, Louis Natter travaille au développement de nouveaux produits ainsi qu'à leur mise sur le marché. L'utilisation optimale des ressources exploitées dans les carrières constitue l'un des principaux axes stratégiques de l'entreprise.

CLAUDY JOLIVET



Ingénieur de recherche en pédologie à l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA, unité InfoSol), Claudy Jolivet coordonne le Réseau de Mesures de la Qualité des Sols, un programme national de suivi à long terme de la qualité des sols de France. Sur le centre de recherches d'Orléans, l'INRA a construit en 2014 le Conservatoire européen d'échantillons de sols pour archiver les milliers d'échantillons de sols collectés en France par ce réseau et les autres programmes coordonnés par l'unité. Claudy Jolivet et Céline Ratié (responsable du Conservatoire) sont à l'origine du choix de la terre crue et de la technique du pisé pour la construction de ce bâtiment.

MARTIN POINTET



Diplômé de l'École d'Architecture de Grenoble, Martin Pointet a travaillé de 1998 à 2005 dans l'entreprise Akterre en tant que maçon et formateur. De 2005 à 2014, il co-fonde Caracol, une entreprise de maçonnerie et de formation sur la construction en terre. Avec Caracol, il réalise de nombreux chantiers neufs et de rénovation en terre pour des commanditaires privés et publics, dont certains primés par le prix national de l'architecture de terre. Aujourd'hui, Martin Pointet partage son temps entre son métier de chercheur/formateur chez amàco, et la création d'un bureau d'étude sur la construction en terre crue, BEterre.

59

ÉVALUATION DE LA FORMATION

Cette formation proposée en 2015 était la première édition. Elle sera proposée chaque année aux étudiants de 5ème année, sous forme d'option transversale.

Des questionnaires individuels ont été distribués aux étudiants à mi-parcours et en fin de formation de manière à recueillir leurs évaluations concernant la qualité de la formation, les points forts, les idées d'amélioration.

Les formateurs référents ont également fait un bilan de manière à capitaliser leurs ressentis et pistes d'amélioration pour les années suivantes.

Quel est votre degré de satisfaction de la formation ? -- - + ++ --- (-- : pas satisfait ; ++ : très satisfait)

Avez-vous le sentiment d'avoir appris ? -- - + ++ --- (-- : rien du tout ; ++ : oui, beaucoup)

Quelles compétences avez-vous développées ?

- aspect pratique et mise en oeuvre.
- connaissance sur les matériaux en terre et en fibre naturelle.
- analyse "éco" et ACV
- connaissance des bâtis de la région.

Qu'auriez-vous aimé apprendre de plus ?

- plus de pratique sur le bois.
- visite du monde industrielle sur la filière.

Pensez-vous que cela vous sera utile ? -- - + ++ --- (-- : pas du tout ; ++ : complètement)

En quoi ?

- ouverture d'esprit sur les alternatives aux matériaux classiques.
- sensibiliser les personnes
- construire autrement

Avez-vous changé de regard sur :

- la construction durable ? -- - + ++ ---
- les matériaux de construction ? -- - + ++ ---

Avez-vous envie de travailler avec des matériaux biosourcés ? -- - + ++ ---

Vous sentez-vous capable de :

- formuler des matériaux de construction ? -- - + ++ ---
- postuler dans le réseau des matériaux biosourcés pour la construction ? -- - + ++ ---

Selon vous : (-- : pas du tout ; ++ complètement)

- les objectifs pédagogiques sont atteints -- - + ++ ---
- je me suis impliqué(e) -- - + ++ ---
- le sujet abordé est pertinent -- - + ++ ---
- le niveau d'approfondissement est adapté -- - + ++ ---
- les méthodes pédagogiques sont efficaces -- - + ++ ---
- les méthodes encouragent la créativité -- - + ++ ---
- ... et le travail en équipe -- - + ++ ---
- le rythme est adapté -- - + ++ ---
- les formateurs sont efficaces -- - + ++ ---
- le choix des intervenants est judicieux -- - + ++ ---
- les modalités d'évaluation sont pertinentes -- - + ++ ---

Avez-vous trouvé ces interventions pertinentes ?

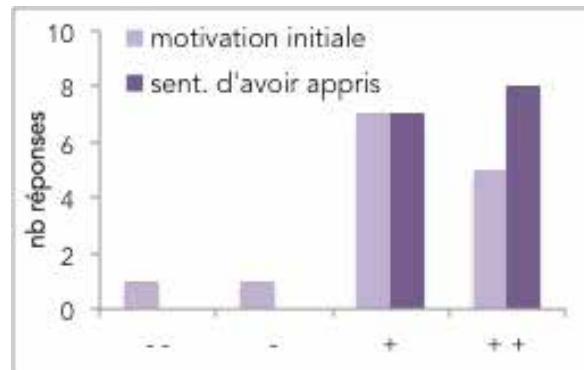
- l'eau dans les matériaux -- - + ++ ---
- efficacité énergétique des bâtiments -- - + ++ ---
- étude de cas à Dehlingen -- - + ++ ---
- table ronde "normes" -- - + ++ ---
- table ronde "filiale terre" -- - + ++ ---
- encadrement du projet -- - + ++ ---
- utilisation des plans d'expériences -- - + ++ ---

Un bilan très positif

62

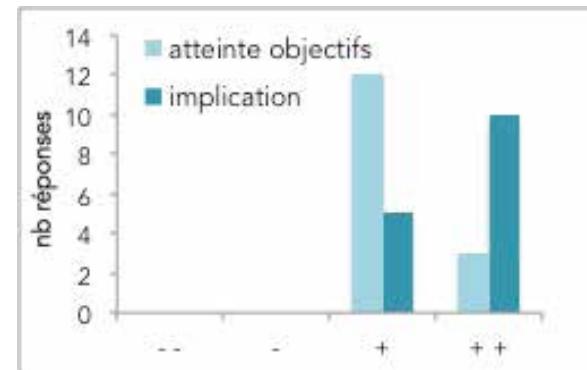
Sur dix-sept étudiants ayant suivi la formation, quinze questionnaires individuels ont été complétés et analysés. Les principaux résultats de l'évaluation par les étudiants apparaissent dans les graphes ci-dessous.

Les étudiants sont globalement très satisfaits et ont tous le sentiment d'avoir appris, y compris ceux d'entre eux qui arrivaient avec une faible motivation. L'atteinte des objectifs est satisfaisante selon eux, et l'implication personnelle très forte, ce qui correspond bien au ressenti des formateurs.



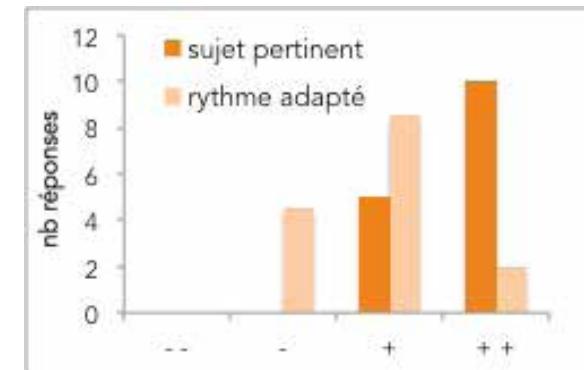
Le sujet proposé, à savoir les matériaux innovants biosourcés pour la construction durable, a été jugé très pertinent. En revanche le rythme de la formation, satisfaisant en moyenne mais inégal, peut être amélioré.

Les étudiants ont trouvé les méthodes pédagogiques utilisées efficaces, encourageant la créativité et surtout le travail en équipe de manière satisfaisante à très satisfaisante. Ils ont particulièrement apprécié l'approche expérimentale (ateliers encadrés, projet), le choix des intervenants extérieurs et les tables rondes.



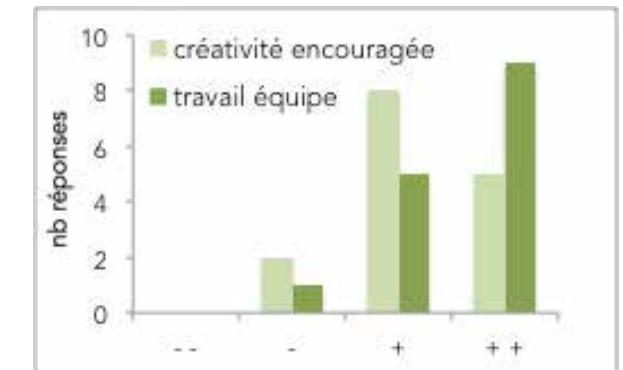
Pour les quatre formateurs référents (amàco et INSA), les points forts ont été la pluridisciplinarité des étudiants venant de départements différents (génie civil, matériaux, énergétique et environnement, informatique, télécom), leur implication, la satisfaction qu'ils ont exprimée oralement et par écrit, le choix des intervenants extérieurs et les tables rondes.

Une certaine déception cependant ressort de la lecture des rapports qui contiennent peu d'analyse scientifique par rapport aux attentes des formateurs.



63

En 2016, une attention particulière sera portée au suivi des équipes projet, de manière à mieux les accompagner dans l'analyse scientifique de leurs expérimentations. Le planning sera modifié de manière à mieux soigner le rythme de la formation.



OPTION TRANSVERSALE

MATÉRIAUX INNOVANTS POUR LA CONSTRUCTION DURABLE

Du 16 février au 29 mars 2015 à l'INSA Lyon

INSA

INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
LYON

amòco
ATELIER MATIÈRES À CONSTRUIRE

Rhône-Alpes 



ANR-11-IDF-0008

Grands
ateliers

E
NS/
AG



1503 P1001