

**« construction en terre »
focus sur la fabrication et la construction
en blocs de terre compressée**

**9 – Conception et réalisation
des Constructions en BTC**

Construction durable

les atouts de la construction en BTC

- Si la terre est bien employée
 - Performante
 - Durable
 - Disponible à moindre coût
 - Créatrice d'emploi
 - Qualifiante pour les professionnels
 - Intéressante pour les TPME et PME

Construction durable

les atouts de la construction en BTC

- Pour bien employer la terre
 - BTC
 - De très bonne qualité
 - Conception
 - Adaptée au matériau
 - Réalisation / Construction
 - Parfaite

1 - Les BTC

Blocs de Terre Compressée

Construction durable

les atouts de la construction en BTC

- Avantages du BTC
 - Production des produits BTC
 - Gamme TRES large de presses
 - Capacités de mise en place d'un contrôle qualité
 - Développement économique
 - Transposition facile dans les régions habituées à la construction en parpaing de ciment
 - Solutions techniques adaptées à tous contextes socio-économiques
 - Architecture
 - Solutions architecturales originales avec le BTC

Construction durable

les atouts de la construction en BTC

- contraintes du BTC
 - Savoir faire des fabricants de BTC
 - Formation des acteurs
 - Maîtres d'ouvrage
 - Maîtres d'œuvre
 - Bureaux d'études
 - Artisans

mais aussi

- Assureurs
- Bureaux de contrôle ...

Construction en BTC

2 - Conception adaptée

conception architecturale et technique

- Le BTC, base de la forme architecturale

conception architecturale et technique

- Le BTC, base de la forme architecturale
 - Étude technique et économique
 - Choix du BTC
ou autre mode constructif ??
 - Choix du type de presse
→ dimension des blocs -

conception architecturale et technique

- Le BTC, base de la forme architecturale
 - En général : parallélépipède
 - Taille la plus courante
 - 14 x 29,5 x 9 cm
 - Autre taille pour certains éléments
 - 11 x 22 x 7 cm , 20*20*7 , (→ fabricants)

→ Dimensions des murs, trumeaux, ouvertures

- Nombre entier de blocs :
 - longueur de BTC + 8mm joint, hauteur + 10mm joint
- Que des ½ blocs

conception architecturale et technique

- Le BTC, base de la forme architecturale

Caractéristiques mécaniques du BTC

- Selon les besoins du projet
- Stabilisation ... si nécessaire → norme XP-P13 901

→ Choix à établir assez tôt dans le projet

- Fonction du contexte socio-économique
 - Coût de la main d'oeuvre
 - Objectif social ou financier du projet
 - Disponibilité des matériaux / matériels
 - Type de presse / taille des blocs

conception architecturale et technique

- Le BTC, base de la forme architecturale

Les bâtiments en BTC

- R+0 & R+1 → BTC porteur
- > R+1
 - BTC porteur → murs plus épais
 - BTC non-porteur → remplissage d'une structure porteuse en bois ou en béton
- interface BTC – structure porteuse
 - Feuillure dans les bois porteurs
 - Penser aux passages de câbles, systèmes de fixation ...

Construction en BTC

Exemples de Formes architecturales

Exemples de bâtiments en BTC



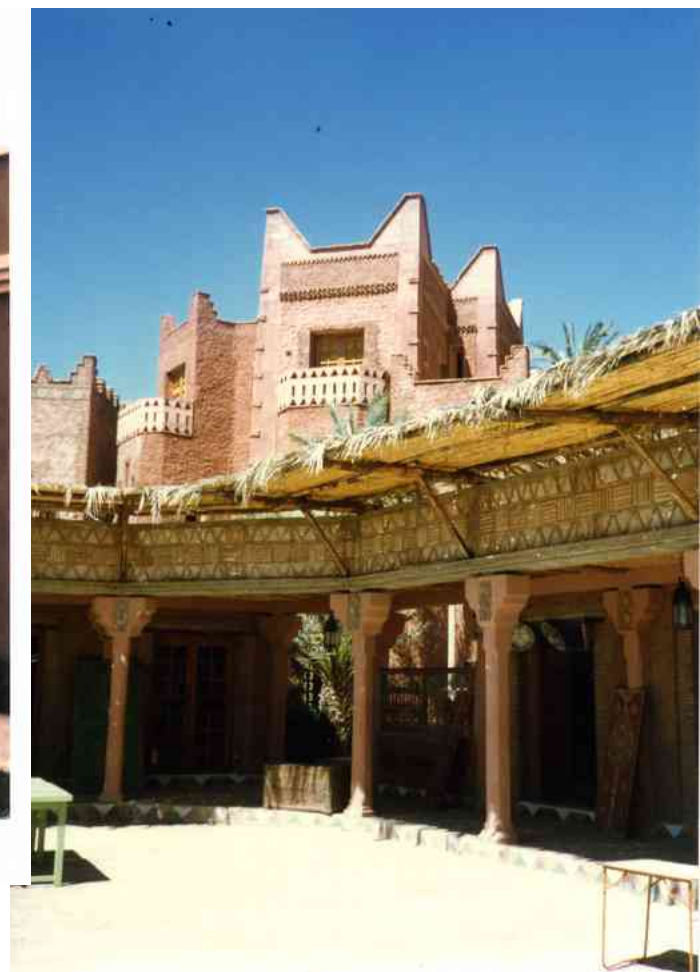
Vincitech srl © 2013 - info@vincitech.it

Exemples de bâtiments en BTC



Bernard BOISSEAU, Nigéria

Exemples de bâtiments en BTC



Maroc

Construction en BTC
Cayenne, Guyane, 11-15 avril 2016

Myriam OLIVIER – CEREMA / DT_CE

Ali MESBAH - ENTPE / DGCB

Exemples de bâtiments en BTC



Maroc

Construction en BTC
Cayenne, Guyane, 11-15 avril 2016

Myriam OLIVIER – CEREMA / DT_CE

Ali MESBAH - ENTPE / DGCB

Exemples de bâtiments en BTC



Maroc

Construction en BTC
Cayenne, Guyane, 11-15 avril 2016

Myriam OLIVIER – CEREMA / DT_CE

Ali MESBAH - ENTPE / DGCB

Exemples de bâtiments en BTC



Algérie

Exemples de bâtiments en BTC



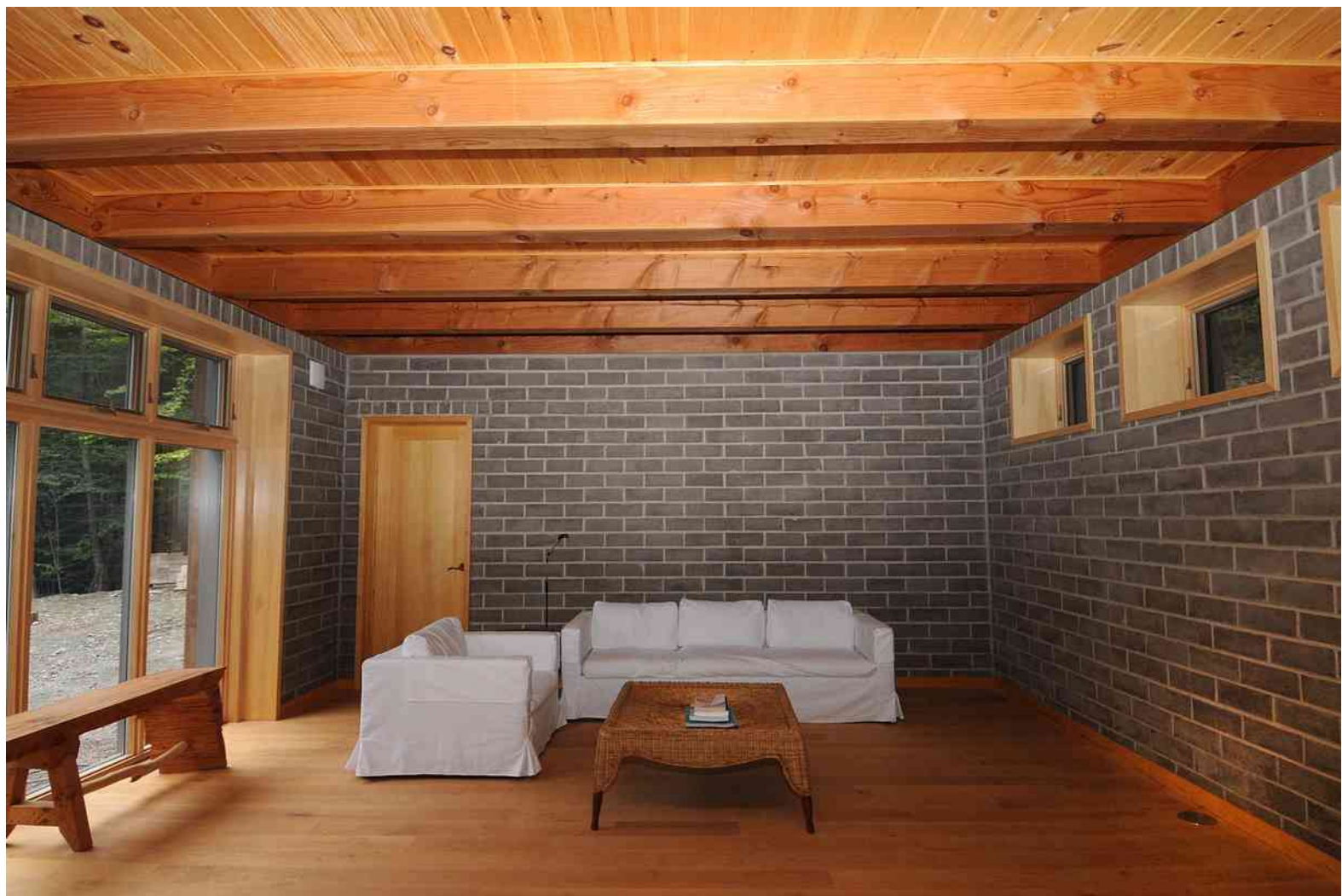
Guinée

Exemples de bâtiments en BTC



Guinée

Exemples de bâtiments en BTC



Québec

Exemples de bâtiments en BTC



Mayotte : 20 000 logements

Exemples de bâtiments en BTC



Mayotte : 20 000 logements

Construction en BTC
Cayenne, Guyane, 11-15 avril 2016

Myriam OLIVIER - CEREMA / DT_CE

Ali MESBAH - ENTPE / DGCB

Exemples de bâtiments en BTC



Mayotte : 20 000 logements

Construction en BTC
Cayenne, Guyane, 11-15 avril 2016

Myriam OLIVIER - CEREMA / DT_CE

Ali MESBAH - ENTPE / DGCB

Exemples de bâtiments en BTC



Mayotte : 20 000 logements

Construction en BTC
Cayenne, Guyane, 11-15 avril 2016

Myriam OLMIER - CEREMA / DT_CE

Ali MESBAH - ENTPE / DGCB

Exemples de bâtiments en BTC



Mayotte : 20 000 logements

Construction en BTC
Cayenne, Guyane, 11-15 avril 2016

Myriam OLIVIER – CEREMA / DT_CE

Ali MESBAH - ENTPE / DGCB

Exemples de bâtiments en BTC



L' Isle d'Abeau



Exemples de bâtiments en BTC



Joseph Colzani,
architecte - constructeur



Exemples de bâtiments en BTC



Kourou-1982



Exemples de bâtiments en BTC



Kourou-2016

Exemples de bâtiments en BTC



Kourou-2016

Construction en BTC

Arcs et Coupoles en BTC

Arcs et Coupoles en BTC



Rénovation maison en pisé



Arcs et Coupoles en BTC



Le Thoronnet

Construction en BTC
Cayenne, Guyane, 11-15 avril 2016

Myriam OLIVIER – CEREMA / DT_CE

Maroc

Ali MESBAH - ENTPE / DGCB

Arcs et Coupoles en BTC



Arcs et Coupoles en BTC



Iran

Construction en BTC
Cayenne, Guyane, 11-15 avril 2016

Myriam OLIVIER – CEREMA / DT_CE

Ali MESBAH - ENTPÉ / DGCB

Arcs et Coupoles en BTC



Iran

Construction en BTC
Cayenne, Guyane, 11-15 avril 2016

Myriam OLIVIER – CEREMA / DT_CE

Ali MESBAH - ENTPE / DGCB

Arcs et Coupoles en BTC

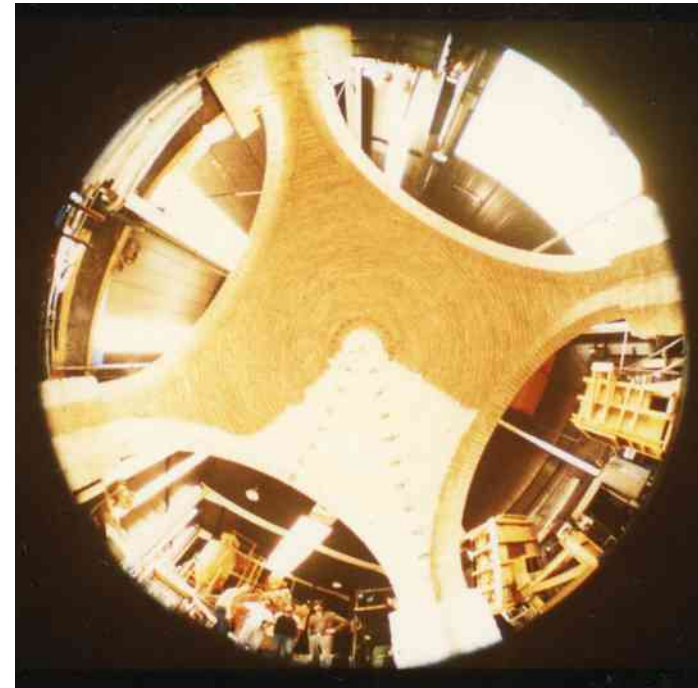


Crèche Oranienburg-Eden / Gernot Minke

Construction en BTC

Construire une coupole nubienne
sans coffrages

Construire une coupole nubienne



Construire une coupole nubienne

- Arcs et pendentifs



Construire une coupole nubienne

- Adhérence instantanée due à la succion
- Système de pige → assises circulaires horizontales



Construire une coupole nubienne

- Charges sur les p edroits



Construire une coupole nubienne

- Coupole terminée



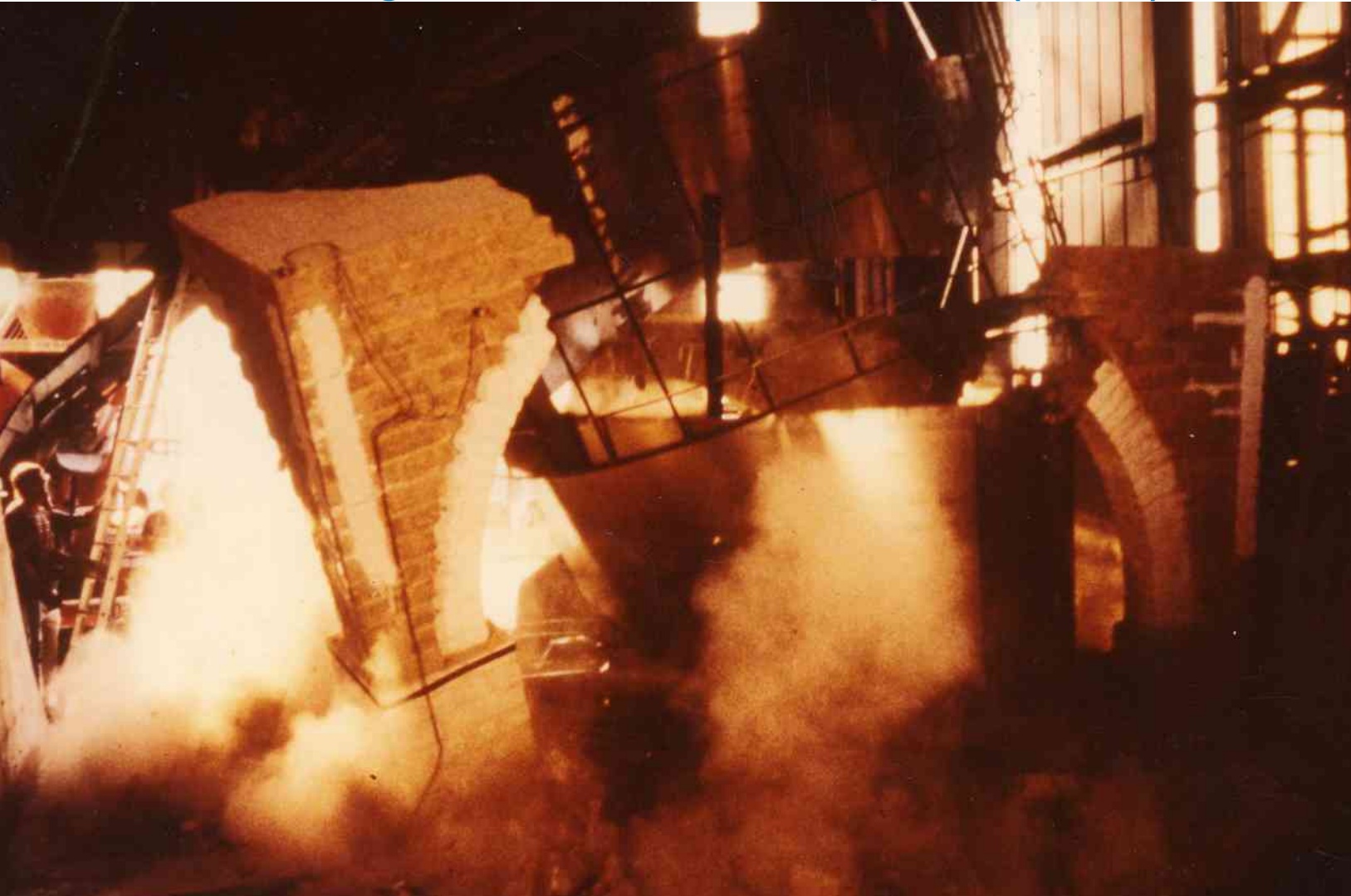
Construire une coupole nubienne

- Essai de chargement sur la coupole



Construire une coupole nubienne

- Essai de chargement sur la coupole (7-15)



conception architecturale et technique

Quelques points techniques

conception architecturale et technique

- étude de faisabilité
 - Technique :
 - résistance mécanique, hygro-thermie
 - Économie :
 - coût de production du m² de paroi
 - Investissement du système de production
 - Santé :
 - émission de COV,
 - développement de moisissures, insectes, ...

conception architecturale et technique

- étude de faisabilité
 - Environnement :
 - émission de GES, énergie grise,
 - ACV, recyclage en fin de vie
 - Société :
 - utilisation de la main d'oeuvre locale,
 - acceptation du système constructif
 - Institutions
 - Réglementation
 - Assurances, Normes et règles de l'art
 - Formation des acteurs

conception architecturale et technique

- Les risques dans les constructions en terre
 - Eau
 - Pluie
 - Remontées capillaires, Inondation
 - Érosion
 - Frottement : pluie, personnes, animaux, vent,
 - Structure
 - Descente de charge : surcharges, vent,
 - En Guyane : ni neige, ni séismes
 - Modification des bâtiments
 - Ouvertures ajoutées

conception architecturale et technique

- Les solutions

- Eau

- Conception → inondation, remontées capillaires
 - Soubassement résistant à l'eau
 - Barrière contre les remontées capillaires
 - Débords de toiture / galeries autour de la maison

- Érosion

- Réalisation → pluie, frottement,
 - enduits

- Structure

- Calcul de descente de charge
 - Coefficient de sécurité de **10**

conception architecturale et technique

- Protection contre l'eau
 - Pas d'infiltration par le dessus des murs



conception architecturale et technique

- Protection contre l'eau
 - Pas d'infiltration par le dessus des murs



conception architecturale et technique

- Protection contre l'eau
 - Pas de remontées capillaires



Protection des constructions en terre

- Protection contre l'eau
 - Pas de remontées capillaires
→ risque d'effondrement brutal



conception architecturale et technique

- Protection contre l'eau
 - Barrière contre les remontées capillaires
 - Effets : humidité en bas de murs → Drains



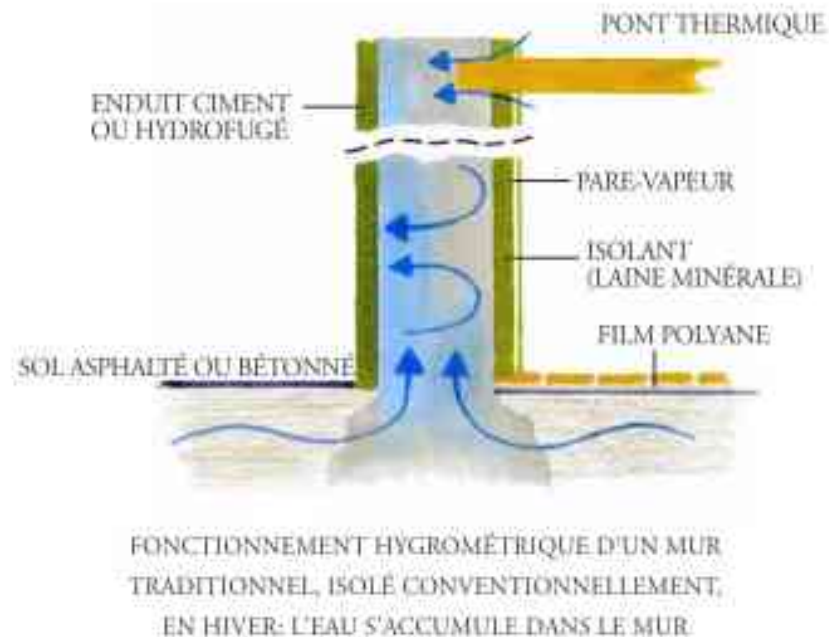
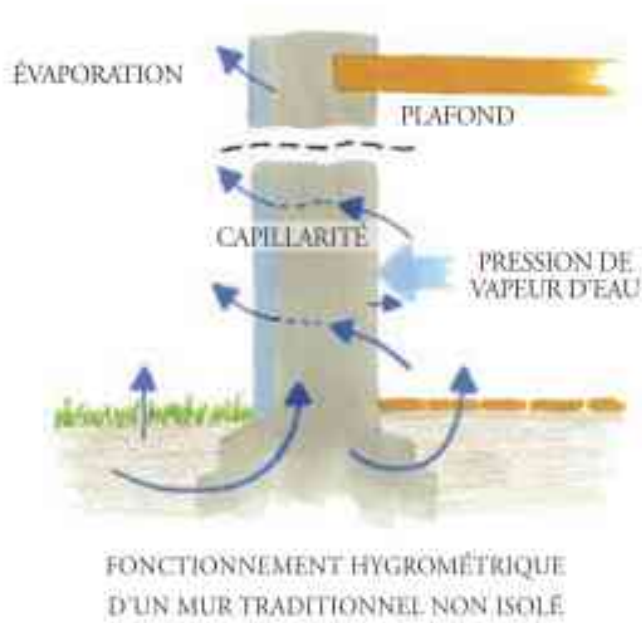
conception architecturale et technique

- Protection contre l'eau
 - Pas de remontées capillaires



conception architecturale et technique

- Protection contre l'eau
 - Laisser circuler la vapeur d'eau



conception architecturale et technique

- Protection contre l'eau (résumé)
 - Laisser circuler la vapeur d'eau
 - Pas d'enduits étanches, de type ciments, peintures plastiques ...
 - Pas d'infiltration par le dessus des murs
 - Protection et entretien des toitures
 - Débords de toitures, auvent, galerie ...
 - Pas de remontées capillaires
 - Drainage en pied de mur
 - Fondations et bas des murs résistants à l'eau

Protection des constructions en terre

- Structures porteuses en terre
 - Rénovation brutale



conception architecturale et technique

- Conception thermique
 - Ecart de température jour / nuit
 - Effet de l'inertie
 - Temps de réchauffement de la paroi
 - Quantité de chaleur accumulable avant de traverser la paroi
 - Effet adsorption / désorption
 - Capturer la vapeur d'eau = assécher et réchauffer (un peu)
 - Évaporer l'eau adsorbée = rafraîchissement
 - Compter sur ventilation naturelle
 - RTAA

conception architecturale et technique

- Spécifications pour les CCTP
 - Qualité des BTC
 - Caractéristiques mécaniques attendues
 - Régularité des BTC
 - Qualité d'apparence des BTC
 - Écornures, Épaufrures, Fissures
 - Parement
 - Enduit de finition
 - « cacher » les imperfections des BTC ?
 - Protéger la façade ?
 - Coût de l'enduit ?

Construction en BTC

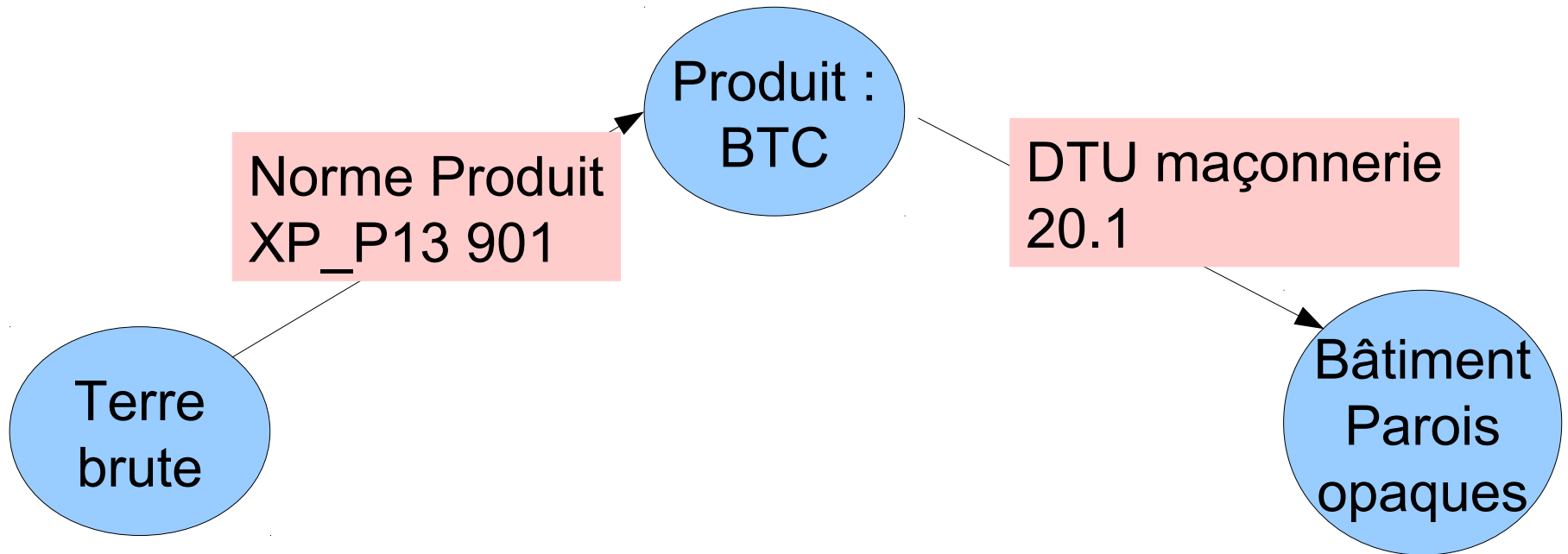
3 – phase de construction en BTC

Entreprises de construction

- Qualité des BTC à réception
 - Durabilité de la façade
 - Aspect final de la façade
- Qualité de la mise en œuvre
 - Mortier de terre
 - Tamisage de la terre à 2 mm (grains 4mm maxi)
 - Maçonnerie à joint mince : 8mm maxi
 - blocs d'épaisseur identique
 - Pose avec un mortier fin
 - Fabrication de ½ blocs réguliers

Règles de mise en œuvre des BTC

- BTC, briques extrudées :
Matériau porteur ou **remplissage**



Règles de mise en œuvre des BTC

- Blocs de terre → BTC, briques extrudées :
Matériau porteur ou **remplissage**
 - Norme expérimentale XP P13-901
« blocs de terre comprimée pour mur et cloison »
 - Coef de sécurité structurel : environ 10
- Mise en œuvre
 - Selon la norme /DTU P 10 202-1 & 2
 - Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - parois et murs
 - CCTP + règles de calcul et dispositions constructives minimales

Enduits sur BTC

- Enduits de terre
 - Fabrication des enduits en terre
 - Consistance
 - Résistance à l'abrasion
 - Adhérence au support
- → coût supplémentaire
 - Nécessaire ?
 - Qualité de la mise en oeuvre

Enduits sur BTC

- Enduits en terre – mise en œuvre → règles PRO



Construction en BTC

Suivi instrumenté des bâtiments en BTC

Suivi des bâtiments en BTC

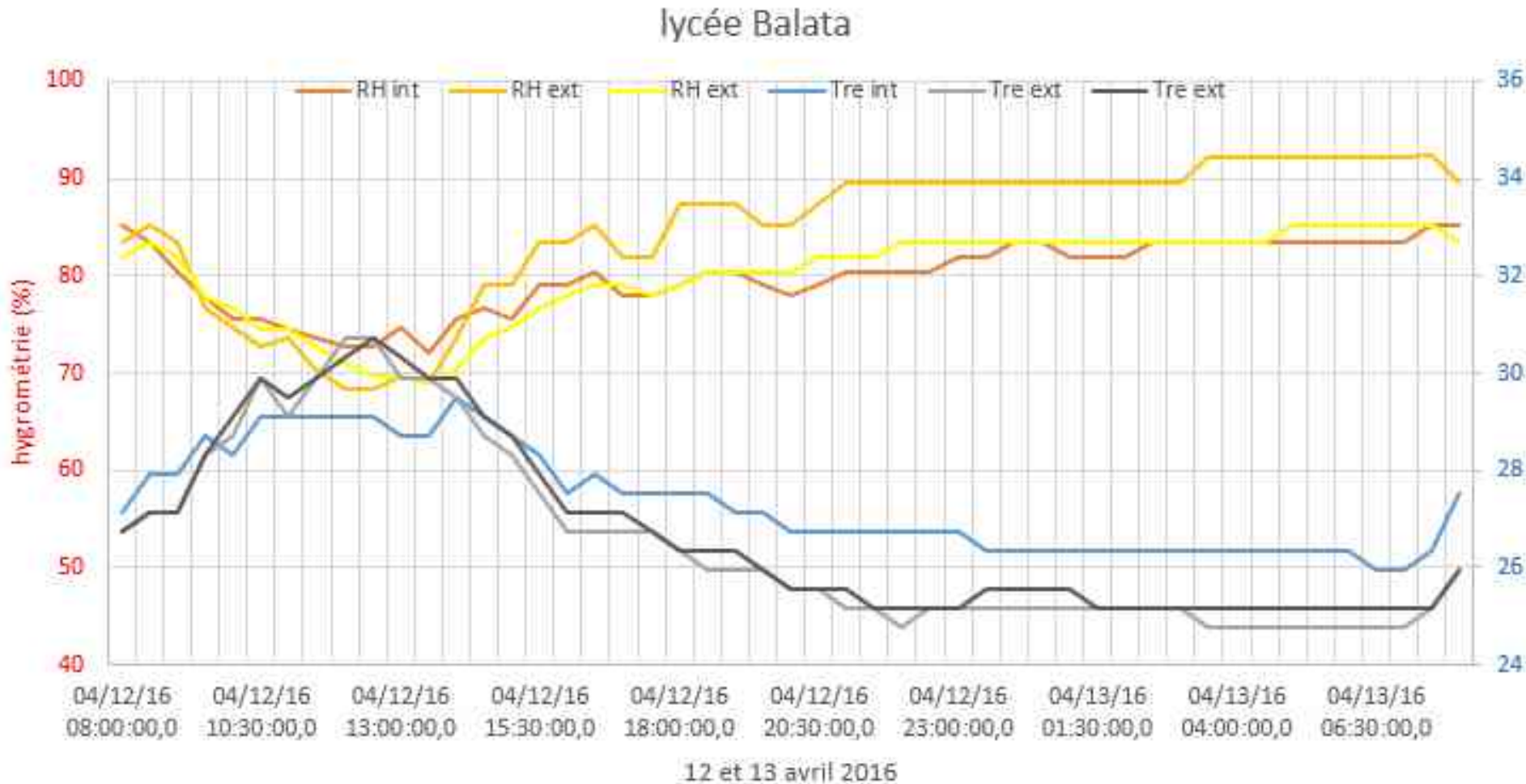
- Analyse des bâtiments existants
 - Recenser les bâtiments en BTC construits depuis 1985
 - Fiche de présentation
 - Photos, plan
 - BTC : Origine de la terre, matériel utilisé
 - Analyse l'état actuel :
 - Pathologie ?
 - Confort ressenti par les habitants
 - Coût d'entretien

Suivi des bâtiments en BTC

- suivi des bâtiments existants
 - Relever
 - Température extérieure et intérieure
 - Hygrométrie extérieure et intérieure
 - Analyser
 - Effet de la ventilation naturelle
 - Effet de l'inertie de la terre
- Installer des « HOBOS »
 - Mesures sur 6 mois
 - Choix de 2 ou 3 bâtiments (neufs, anciens?)

Suivi des bâtiments en BTC

- suivi des bâtiments existants



Construire en terre

4 - Résumé

Les éléments de base
pour concevoir une structure en terre
en Guyane

Complexité de la construction en terre

- Optimiser simultanément
 - L'architecture
 - Les matériaux
 - Le comportement mécanique
 - Comportement thermique et confort (RTAA)
 - La ventilation naturelle
 - L'isolation : λ (conductivité thermique)
BTC-pisé : 0,7 à 1,1 W/m.K Béton : 1,1 à 1,6 W/m.K
 - La perméabilité à la vapeur d'eau : μ
BTC-pisé : 7 à 10 Béton : 100

Complexité de la construction en terre

- Conception
 - Adaptée au matériau terre
 - Construction
 - Technique adaptée
 - Au contexte économique
 - À la main d'œuvre
 - Au matériau disponible
 - Qualité de réalisation
 - Produit (BTC)
 - Qualité de fabrication
- Protection contre l'eau / condensation
 - Choix du système constructif
 - **Réponse** aux objectifs du projet
 - Contrôle qualité
 - Produit
 - Mise en œuvre

Construction en BTC

Accompagner le développement de la filière
Formation et Information

Formation et Information

- Formation
 - Filière professionnelle
 - Maîtres d'oeuvre, artisans, bureaux d'études
 - Formateurs
 - Enseignement initial, Formation professionnelle
- Information
 - Maîtres d'ouvrage, bailleurs, promoteurs
 - Assurances, Bureaux de contrôle
- Connaissance des matériaux disponibles
 - Éviter les matériaux « plus difficiles » à utiliser

Formation et Information

- **Crédibiliser les techniques**
 - Expérimentations « parfaites »
 - Valoriser les réalisations actuelles
- **Développer des guides techniques**
 - En cours, avec le MEDDE → 2017 ?
 - BTC, pisé, enduits,
 - Bauge, torchis, terre allégée
- **Officialiser une filière locale**
 - Développer un «réseau BTC pour la Guyane »

Construire en BTC

Quel est l'intérêt de la construction en terre ?

Pourquoi construire en terre ?

- Avec les matériaux non conventionnels
 - Caractéristiques mécaniques « faibles »
 - à adapter et optimiser selon les besoins
 - Comportement hygro-thermique complexe
 - Connaissances scientifiques peu diffusées
 - Manque de savoir-faire des professionnels
- Quel intérêt à développer ces matériaux ??

Construire en BTC :

Enjeux environnementaux

- Efficacité énergétique
 - Pendant la construction
 - Filières courtes & productions locales
 - technologies « Basse Consommation»
 - Pendant la vie de l'ouvrage
 - Inertie → peu d'effets en Guyane (à vérifier)
- Faible pression sur les ressources naturelles
 - Matériau naturel, non concurrent d'autres usages
 - Matériau recyclable/réutilisable en fin de vie

Construire en BTC :

Enjeux économiques et sociaux

- Créer une véritable alternative pour la construction
 - Matériau de construction moins cher
 - Création d'entreprises à forte valeur « travail »
 - Faisant appel à une main d'œuvre locale
- Répondre à des attentes sociales
 - Matériau simple (sain) et efficace (thermique, coût)
 - Qualification de la Main d'œuvre
 - Montée en compétence des entreprises
- Meilleure qualité de la construction

Construire en BTC :

Enjeux du milieu professionnel

- Pour bien employer la terre
 - Fabricants de BTC, ou artisans
 - Homogènes, dans la production
 - Résistants ... selon le besoin
 - Conception
 - Adaptée au BTC
 - Adaptée au climat
 - Réalisation / Construction
 - Haute qualité

Construire en BTC :

Enjeux du milieu professionnel

- Organisation d'un réseau
 - Échanges et collaboration
 - Échanges d'expériences
 - Évaluation mutuelle de projets & innovations
 - Toute la chaîne d'acteurs
 - Maîtres d'œuvre
 - Maîtres d'ouvrage et promoteurs
 - Architectes et bureaux d'études
 - Constructeurs et artisans
 - Bureaux de contrôle
 - Assureurs ...