

1



Note de Capitalisation

CONSTRUCTIONS  
BIOCLIMATIQUES  
AU NIGER



PUBLIÉ PAR

**LuxDev - Agence luxembourgeoise pour la Coopération au Développement**

**COORDINATEURS**

**François BARY**

DIRECTEUR EXPERTISE - QUALITÉ

**Pascale JUNKER**

EXPERTE ENVIRONNEMENT & CHANGEMENT CLIMATIQUE

**Christopher MARCK**

HEAD OF DEPARTMENT PROCÉDURES & CONTRATS D'ACHAT (PCA)

**Christine OMES**

CHARGÉE ÉVALUATIONS & GESTION DES CONNAISSANCES

**CONTRIBUTEURS**

**Philippe PIRE**

ASSISTANT TECHNIQUE INFRASTRUCTURE - ANTENNE NIGER

**Harold NOIROT**

CONSEILLER PCA - BURKINA FASO | KOSOVO | NIGER

**Carole REIFF**

CHARGÉE DE MISSIONS

**Eusebio MORA**

RESPONSABLE DE L'ANTENNE NIGER

**Richard SCHMID**

CHARGÉ DE PROGRAMMES - ANTENNE NIGER

**RESPONSABLES PUBLICATIONS**

**Christopher LILYBLAD**

CHARGÉ DE COMMUNICATIONS

**Cathy SCHELTEN**

DESIGNER GRAPHIQUE

**COORDONNÉES**

**LuxDev Siège**

10, rue de la Grève

L - 1643 LUXEMBOURG

email : [communications@luxdev.lu](mailto:communications@luxdev.lu)

**Bureau régional de Ouagadougou**

B.P. n°513

Ouagadougou 11 - BURKINA FASO

**Antenne de Niamey**

Boulevard Mali béro, rue IB-67 Issa Beri

B.P. 13254 - Niamey | NIGER

email : [rof.oua@luxdev.lu](mailto:rof.oua@luxdev.lu)

**SOURCES ET COPYRIGHT**

© 2016 Lux-Development

**COPYRIGHT PHOTOS**

**Les photos présentes dans ce document sont la propriété exclusive de Lux-Development sauf mentionné différemment.**

## Première note de capitalisation

Souvent il est demandé à l'expertise environnementale « que peut-on faire pour construire autrement, sans dépasser le budget et les délais ? », « quels sont des exemples concrets de construction sobre en énergie et carbone, adaptés à nos pays d'interventions », « comment combiner construction efficiente et adaptation au changement climatique » ou encore « y-a-t-il moyen de faire de la mitigation et de l'adaptation dans un contexte d'extrêmes pauvreté et vulnérabilité ? ».

C'est en réponse à ce type d'interrogations que LuxDev a entrepris un travail d'illustration et de capitalisation de ses bonnes pratiques en matière d'intégration de l'environnement et du climat dans les constructions réalisées dans le cadre de ses mandats.

Partant de la Stratégie Environnement et Changement climatique du bailleur, le Ministère des Affaires étrangères et européennes du Luxembourg, et en application de l'objectif environnemental et climatique assigné par le bailleur à l'intervention (marquage CAD OCDE), LuxDev peut déployer sa « Procédure d'Acquisition de Constructions durables », adoptée en 2013 et fondée sur ses Recommandations environnementales pour les Constructions durables datant de 2011.



Au démarrage de la conception du projet de construction avec les bénéficiaires, les exigences environnementales concrètes sont définies de commun accord selon le contexte local et suivant les priorités du maître d'ouvrage national. L'intérêt de la contrepartie consiste aussi à concevoir et à recevoir des infrastructures dont les coûts d'opération et de maintenance sont maîtrisés sur le moyen et le long terme. Ainsi, un bâtiment efficient et durable devrait être solide, facile à entretenir, low-tech, peu gourmand en frais de climatisation et d'entretien et peu dépendant d'une ressource non-renouvelable.

Devant les défis du changement climatique et de la raréfaction des ressources, les ministères partenaires et la Coopération luxembourgeoise ont à cœur de limiter les impacts environnementaux négatifs, y compris les émissions de gaz à effet de serre (mitigation), d'assurer aux occupants et usagers des conditions de vie et de travail saines et confortables, de mettre en valeur le patrimoine architectural local et les techniques ancestrales de gestion des contraintes climatiques, tout en maîtrisant mieux les futurs coûts d'opération et de maintenance du bâtiment livré. Le but est donc triple : environnemental, social et économique.

Un premier pas dans cette volonté de documenter et de partager les expériences d'infrastructures plus efficientes concerne les techniques de construction bioclimatique que LuxDev a appuyées dans les interventions au Niger.

Au Niger, ces techniques comprennent entre autres le recours aux pierres de pays (moellons), aux Briques en Terre comprimée stabilisée (BTCS), à la cheminée solaire, au patio, à la double enveloppe, au déport de toiture ou à la coursive d'ombrage. Ces techniques sont dites « passives », car basées sur le principe de ne pas laisser le soleil chauffer le bâtiment, afin d'éviter de devoir le refroidir. Elles illustrent ce qu'on peut faire dans la construction en cas de marquage CAD OCDE « mitigation du changement climatique »

Le présent livret est composé de fiches récapitulatives simples qui donnent les informations de base sur les techniques appliquées avec succès et des liens vers des sites internet pour approfondir la question. Il est conçu de manière à pouvoir rajouter régulièrement de nouvelles fiches et tenir à jour le document.

En vous souhaitant bonne consultation et en espérant pouvoir enrichir ce recueil d'autres bonnes pratiques desquelles vous vous faites le porte parole.







Le Ministère des Enseignements professionnels et techniques (MEP/T) préconise le développement de l'architecture bioclimatique pour la construction de ses établissements scolaires (les Centres de Formation des Métiers (CFM) et des Centres de Formation professionnelle et technique (CFPT)).

À travers le programme NIG/017, financé sur fonds de la Coopération luxembourgeoise, le Ministère a fait construire des bâtiments scolaires, en incluant lors de la programmation architecturale des coursives pour ombrager les façades principales des bâtiments, ainsi qu'une ventilation naturelle des salles de classe des établissements par l'utilisation de cheminées solaires.

Le Niger connaissant un climat très chaud entre les mois de mars et juin, ces structures offrent des conditions de travail pour les enseignants et les étudiants très appréciables. Les bénéficiaires et utilisateurs ne manquent pas de rappeler ce constat à toute occasion.

**M. Absatou DADDY** | Direction des Infrastructures et des Équipements pédagogiques du MEP/T



Le Ministère de l'Agriculture (MAG) défend depuis toujours l'utilisation de matériaux locaux et une architecture bioclimatique pour les constructions sous sa tutelle. À travers le projet NIG/018, financé sur fonds de la Coopération luxembourgeoise, le Ministère a fait construire trois Directions de services départementaux du MAG pour la Région de Dosso.

Lors de la programmation architecturale, le Ministère a recommandé de prêter une attention particulière à une architecture faible en consommation d'énergie fossile, en utilisant des techniques d'architecture bioclimatique et en employant des matériaux locaux.

La première Direction est construite à l'aide de briques en terre stabilisée compressée hydrauliquement, les deux autres à l'aide de pierres du pays (moellons). L'étude bioclimatique a recommandé une ventilation naturelle du bâtiment à l'aide de cheminées solaires.

Le confort de travail ainsi créé au sein de ces structures offre des conditions pour les employés très appréciables. De plus, la consommation en énergie est faible en comparaison avec les bâtiments de type « non bioclimatique ». Les bénéficiaires et utilisateurs ne manquent pas de rappeler ce constat à toute occasion.

**M. Arachi DILLE** | Direction régionale du Génie rural (DRGR) de Dosso



Le Ministère de l'Économie et des Finances (MEF), à travers le projet NIG/020 financé sur fonds de la Coopération luxembourgeoise, a construit la Trésorerie régionale de Dosso.

Lors de la programmation architecturale, le Ministère a recommandé de prêter une attention particulière à une architecture peu consommatrice en énergie fossile, en utilisant des techniques d'architecture bioclimatique et en employant des matériaux locaux.

Le bâtiment a été conçu sur le principe de la double enveloppe avec la création de deux patios intérieurs. Le mur extérieur de la double enveloppe a été construit en briques de terre stabilisée compressée manuellement.

Le confort de travail créé au sein de ces structures offre des conditions pour les employés très appréciables et la consommation d'énergie est faible en comparaison à des bâtiments de type « non bioclimatique ». Les bénéficiaires et utilisateurs ne manquent pas de rappeler ce constat à toute occasion.

**M. Taher HASSANE** | Ministère des Finances et de l'Économie

# BRIQUES EN TERRE COMPRIMÉE STABILISÉE

Version du 16.02.2016 | Contact: Antenne LuxDev au Niger

## Principes & Fonctionnement

### Composition des murs

Briques en Terre comprimée stabilisée (BTCS) autobloquantes.

### Effet recherché

Isolation thermique du bâtiment et utilisation de matériaux locaux.

### Mise en œuvre

Entreprises nationales de construction. Briques en terre compressées manuellement ou mécaniquement.

### Coûts estimatifs 2015 des murs finis

BTCS autobloquant : 12 500 fcfa/m<sup>2</sup> (ép. 22cm)

BTCS maçonné : 5 000 fcfa/m<sup>2</sup> (ép. 14 cm)

Agglo creux : 7 000 fcfa/m<sup>2</sup> (ép. 15 cm)

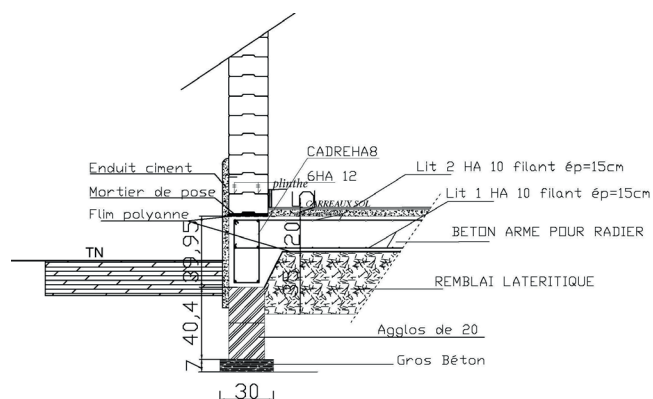
Agglo plein : 8 500 fcfa/m<sup>2</sup> (ép. 20 cm)

### Estimation de l'économie en énergie ou matériaux

Étude à établir.

### Principe de fonctionnement

Les blocs en terre comprimée stabilisée autobloquants sont comprimés à l'aide d'une machine mécanique hydraulique. La terre étant un bon isolant thermique, leurs utilisations pour la construction des murs extérieurs d'un bâtiment réduit l'entrée de la chaleur dans le bâtiment et limite l'échauffement à l'intérieur de celui-ci.



Détail de la fondation d'un mur en BTCS autobloquantes



Pan de mur en BTCS autobloquantes

## Projets

NIG/018 : Direction départementale de l'Agriculture

NIG/020 : Trésorerie de la Région de Dosso



## Avantages

- diminution de la température à l'intérieur de la pièce ;
- pas d'entretien des façades ;
- disponibilité de la terre.



Vue façade arrière et cheminées solaires

## Inconvénients

- investissement de départ ;
- la mise en œuvre du matériau (main d'œuvre qualifiée) ;
- éloignement de la carrière de terre.



Vue façade principale

## Retours d'expérience

- construction/chantier : chantier en cours.

## Liens utiles

<https://terredafriqueetarchitecture.wordpress.com/>  
<http://www.solidarite-afrique.lu/informationsutiles/1055>  
<http://www.craterre.org/>



Vue d'un pignon et cheminée solaire

# CHEMINÉES SOLAIRES

Version du 16.02.2016 | Contact: Antenne LuxDev au Niger

## Principes & Fonctionnement

### Composition

Fondation, maçonnerie, charpente métallique, tôles en bac alu, enduit tyrolien, menuiserie métallique et peinture.

### Effet recherché

Ventilation naturelle sans apport d'énergie.

### Mise en œuvre

Entreprises nationales de construction.

### Coûts estimatifs

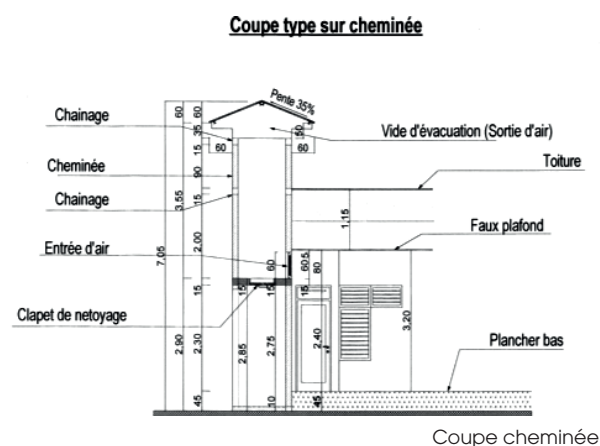
+/- 10% du coût d'une salle de classe.

### Estimation de l'économie en énergie ou matériaux

La cheminée est utilisée pour des salles de classes pour lesquelles il n'est pas prévu de climatisation. On ne peut pas parler de véritable économie en énergie mais plutôt d'une augmentation de confort à l'intérieur de la pièce.

### Principe de fonctionnement

Le sommet de la cheminée est réchauffé par les rayons solaires créant ainsi une dépression et un mouvement d'air vers le haut de la cheminée. L'air du local adjacent est aspiré et bénéficie ainsi d'une ventilation naturelle. On prévoit des entrées d'air sur le bas des fenêtres et portes (persienne mobile) de façon à ce que l'air circule du bas vers le haut (grille de sortie de l'air vers la cheminée).



Coupe cheminée



Vue d'un bâtiment de deux salles de classe

### Projets

NIG/017 : Centres de Formation des Métiers (CFM) et Centres de Formation professionnelles et techniques (CFPT)

NIG/018 : Direction départementale de l'Agriculture



## Avantages

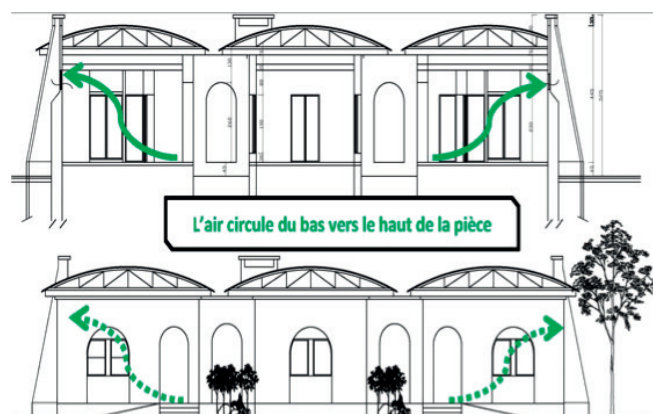
- ventilation naturelle sans apport d'énergie ;
- l'occupant de la pièce a une sensation de bien-être ;
- pas de coût de fonctionnement ;
- très peu d'entretien.



Grille d'évacuation de l'air sous le faux-plafond

## Inconvénients

- ventilation d'air chaud, l'air n'étant pas refroidi ;
- investissement de départ (mais relativement faible) ;
- en saison froide, il faut bloquer la ventilation.



Mouvement d'air du bas des murs vers le haut

## Retours d'expérience

- construction : rien à signaler ;
- post-occupation/utilisation : Les élèves et enseignants préfèrent travailler dans les salles de classe comprenant une cheminée solaire.

## Liens utiles

<https://terredafriqueetarchitecture.wordpress.com/>  
<http://www.solidarite-afrique.lu/informationsutiles/1055>  
<http://www.craterre.org/>



Quatre cheminées pour cinq salles de classe

# COURSIVE

Version du 16.02.2016 | Contact: Antenne LuxDev au Niger

## Principes & Fonctionnement

### Composition de la coursive

Structure, maçonnerie, enduit tyrolien, claustras, charpente métallique et tôles en bac alu.

### Effet recherché

Ombrager naturellement la façade principale du bâtiment la plus exposée au soleil.

### Mise en œuvre

Entreprises nationales de construction.

### Coûts estimatifs

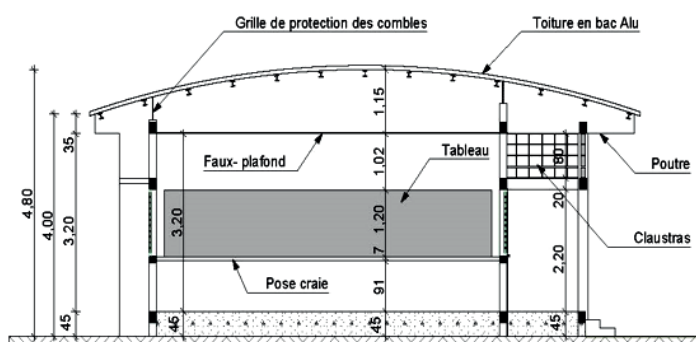
+/- 10% du coût total du bâtiment.

### Estimation de l'économie en énergie ou matériaux

La coursive est utilisée pour des salles de classes et ateliers pour lesquels, il n'est pas prévu de climatisation. On ne peut pas parler de véritable économie en énergie mais plutôt d'une réduction de la température à l'intérieur de la pièce et une recherche d'amélioration du bien-être et de la performance des occupants.

### Principe de fonctionnement

La coursive devant la façade principale d'un bâtiment permet de garder les murs et ouvertures hors du rayonnement direct du soleil et donc de limiter l'échauffement à l'intérieur du bâtiment du bas vers le haut (grille de sortie de l'air vers la cheminée).



Coupe d'une coursive



Coursive devant bâtiment deux salles de classe

### Projets

NIG/017 : Écoles primaires et Collèges

NIG/019 : Centres de Formation des Métiers (CFM) et Centres de Formation professionnelles et techniques (CFPT)



## Avantages

- diminution de la température à l'intérieur de la pièce ;
- pas de coût de fonctionnement ;
- facile à mettre en œuvre.



Coursive et cour intérieure d'un Centre de Formation des Métiers

## Inconvénients

- investissement de départ (mais relativement faible) ;
- entretien de la coursive, nettoyage, peinture, réparation.



Coursive devant les ateliers « Économie familiale »  
et « Agro-Sylvo-Pastoral »

## Retours d'expérience

- construction/chantier : Rien à signaler ;
- post-occupation/utilisation : les enseignants et les élèves préfèrent travailler dans les bâtiments ombragés.

## Liens utiles

<https://terredafriqueetarchitecture.wordpress.com/>  
<http://www.solidarite-afrique.lu/informationsutiles/1055>  
<http://www.craterre.org/>



Coursive et cour intérieure du bloc pédagogique du  
Centre de Formation professionnelles et techniques

# DOUBLE ENVELOPPE

Version du 16.02.2016 | Contact: Antenne LuxDev au Niger

## Principes & Fonctionnement

### Composition de la double enveloppe

Structure béton, maçonnerie parpaing et BTCS manuelle, dalle hourdi, charpente métallique et tôles en bac alu.

### Effet recherché

Limiter l'impact de la chaleur solaire à l'intérieur du bâtiment.

### Mise en œuvre

Entreprises nationales de construction.

### Coûts estimatifs

+/- 10% du coût total du bâtiment.

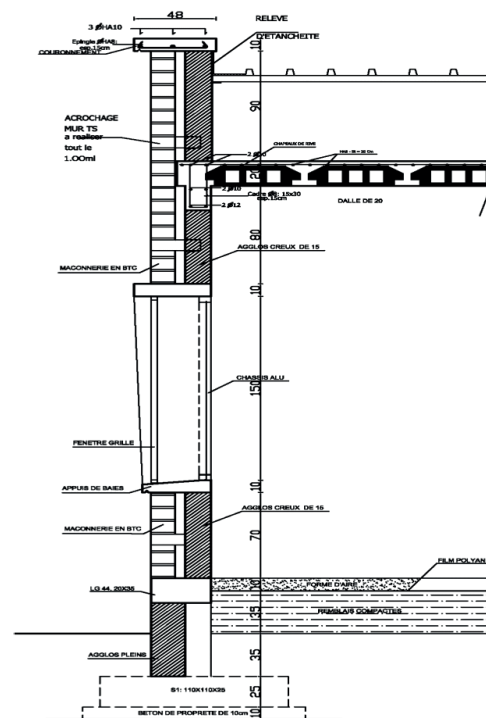
- maçonnerie en BTCS maçonnée: 1,53%
- dalle en hourdis: 6,66%
- chapeau sur murs: 0,46%
- superstructure: 4,2%

### Estimation de l'économie en énergie ou matériaux

L'étude doit être établie.

### Principe de fonctionnement

Créer une double enveloppe sur l'ensemble du bâtiment. Le mur en BTCS et le vide entre les deux murs sont de bons isolants, ils réduisent l'entrée de la chaleur à l'intérieur du bâtiment. Au niveau de la double toiture, la chaleur est isolée par le vide ventilé entre les deux toitures. La fenêtre est placée du côté intérieur du mur, elle est protégée des rayons solaires par l'avent l'entourant.



Coupe de la double enveloppe



Double enveloppe par des Briques en Terre comprimée stabilisée (confection manuelle)

### Projet

NIG/020 : Trésorerie de la Région de Dosso

## Avantages

- diminution de la température à l'intérieur du bâtiment ;
- économie d'énergie.

## Inconvénients

- investissement de départ ;
- mise en œuvre pour les petites entreprises.

## Retours d'expérience

- construction/chantier : chantier en cours.

## Liens utiles

<https://terredafriqueetarchitecture.wordpress.com/>  
<http://www.solidarite-afrique.lu/informationsutiles/1055>  
<http://www.craterre.org/>



Mur de parement en BTCS en construction



Protection des ouvertures par auvents



Version du 16.02.2016 | Contact: Antenne LuxDev au Niger

## Principes & Fonctionnement

## Composition du pare-soleil

Auvent en béton, maçonnerie, enduit tyrolien.

## Effet recherché

Ombrager les façades du bâtiment exposées au soleil.

## Mise en œuvre

Entreprises nationales de construction.

## Coûts estimatifs

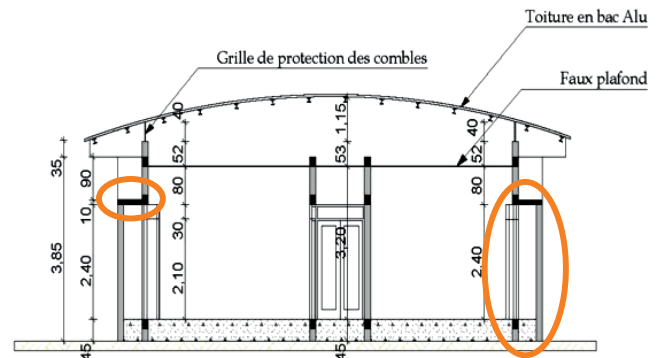
Difficile à exprimer car le pare-soleil vertical est intégré au bâtiment par la création d'armoires dans la classe ou l'administration.

### Estimation de l'économie en énergie ou matériaux

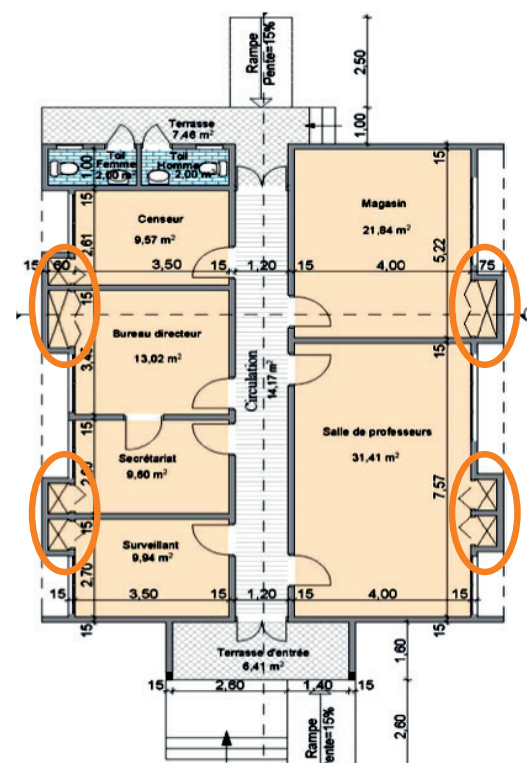
Le pare-soleil est utilisé pour des salles de classes, des ateliers ou des bâtiments de l'administration pour lesquels, il n'est pas prévu de climatisation. On ne peut pas parler de véritable économie en énergie mais plutôt d'une réduction de la température à l'intérieur de la pièce et une recherche d'amélioration du bien-être et de la performance des occupants.

## Principe de fonctionnement

Le pare-soleil permet de garder les murs et les ouvertures en dehors du rayonnement direct du soleil et donc de limiter l'échauffement à l'intérieur du bâtiment. Il fait en même temps office d'armoire de rangement pour le professeur ou pour l'agent de l'administration.



Coupe d'une administration de CEG



### Plan d'une administration de CEG

## Projets

NIG/017 : Écoles primaires et Collèges

NIG/019: Centres de Formation des Métiers (CFM) et Centres de Formation professionnelles et techniques (CFPT)

## Avantages

- diminution de la température à l'intérieur de la pièce ;
- pas de coût de fonctionnement ;
- facile à mettre en œuvre.



Protection de la façade arrière

## Inconvénients

- investissement de départ (relativement faible) ;
- entretien des auvents et armoires, nettoyage, peinture, réparation, etc.



Protection de la façade arrière

## Retours d'expérience

- post-occupation/utilisation : Les enseignants et les élèves préfèrent travailler dans les bâtiments ombragés.

## Liens utiles

<https://terredafriqueetarchitecture.wordpress.com/>  
<http://www.solidarite-afrique.lu/informationsutiles/1055>  
<http://www.craterre.org/>



Protection de la façade arrière

# PATIO

Version du 16.02.2016 | Contact: Antenne LuxDev au Niger

## Principes & Fonctionnement

### Composition du patio

Terre, plante, structure béton et dalle de sol.

### Effet recherché

Créer un espace humide au sein du bâtiment qui va donner de la fraîcheur dans les pièces.

Améliorer les conditions de travail du service en apportant de la verdure dans le bâtiment.

### Mise en œuvre

Entreprises nationales de construction.

### Coûts estimatifs

+/- 15% du coût total du bâtiment.

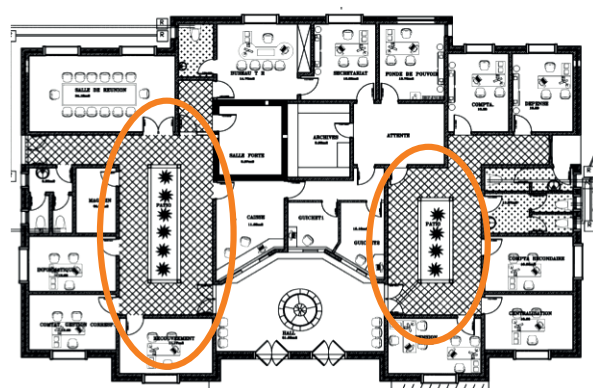
### Estimation de l'économie en énergie ou matériaux

L'étude doit être établie.

### Principe de fonctionnement

Le patio à ciel ouvert et l'apport de végétation rafraîchit le bâtiment naturellement.

Il est possible de rajouter un bassin d'eau au centre du patio. L'évaporation de l'eau participerait à la climatisation naturelle de l'espace.



Vue en plan d'une trésorerie régionale



Vue du patio du trésor en construction

## Projets

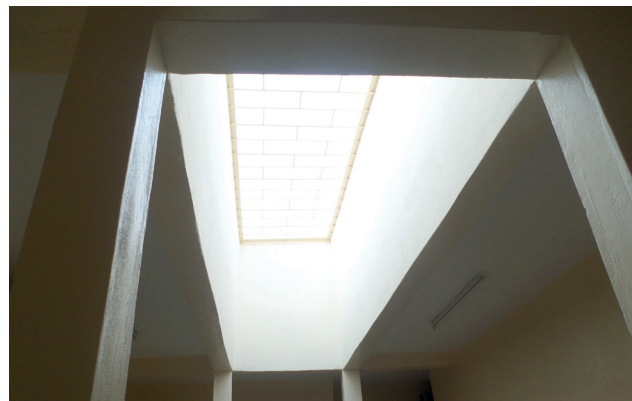
NIG/018 : Direction départementale de l'Agriculture

NIG/020 : Trésorerie de la Région de Dosso



## Avantages

- rafraîchir l'ensemble de la structure ;
- verdure dans le bâtiment ;
- facile à mettre en œuvre ;
- désenfumage naturel.



Vue du patio du trésor en construction

## Inconvénients

- investissement de départ ;
- entretien du patio, jardinage, nettoyage, réparation, etc.



Vue du patio du trésor en construction

## Retours d'expérience

- construction/chantier : chantier en cours .

## Liens utiles

<https://terredafriqueetarchitecture.wordpress.com/>  
<http://www.solidarite-afrique.lu/informationsutiles/1055>  
<http://www.craterre.org/>



Vue des patios des Directions départementales de l'Agriculture en construction

# PIERRE DE PAYS

Version du 16.02.2016 | Contact: Antenne LuxDev au Niger

## Principes & Fonctionnement

### Composition des murs

Pierre de pays.

### Effet recherché

Isolation du bâtiment et utilisation de matériaux locaux.

Améliorer les conditions de travail du service en apportant de la verdure dans le bâtiment.

### Mise en œuvre

Entreprises nationales de construction.

### Coûts estimatifs des murs finis

- pierre de pays : 4 500 fcfa/m<sup>2</sup> (ép 45 cm)
- aggro creux : 7 000 fcfa/m<sup>2</sup> (ép 15 cm)
- aggro plein : 8 500 fcfa/m<sup>2</sup> (ép 20 cm)

### Estimation de l'économie en énergie ou matériaux

Étude à établir.

### Principe de fonctionnement

La maçonnerie en pierre de pays a une épaisseur de 45 cm. Ceci constitue un frein à l'entrée de la chaleur à l'intérieur du bâtiment.



Vue des maçonneries en construction



Vue des maçonneries en construction

### Projet

NIG/018 : Direction départementale de l'Agriculture

## Avantages

- diminution de la température à l'intérieur de la pièce ;
- pas d'entretien des façades ;
- les pierres se trouvent sur le site ou à proximité.



Vue des maçonneries en construction

## Inconvénients

- la mise en œuvre du matériau (main d'œuvre qualifiée) ;
- disponibilité des pierres à proximité.



Vue des maçonneries en construction

## Retours d'expérience

- construction/chantier : chantier en cours.

## Liens utiles

<https://terredafriqueetarchitecture.wordpress.com/>  
<http://www.solidarite-afrique.lu/informationsutiles/1055>  
<http://www.craterre.org/>



Vue des maçonneries en construction



