



Institut de l'énergie et de l'environnement  
de la Francophonie  
IEPF

# ÉTUDE PRÉLIMINAIRE D'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES EN AFRIQUE

---

## BÂTIMENTS

CONTRIBUTION AU PROJET NEGOCIATION CLIMAT POUR TOUTE  
L'AFRIQUE RÉUSSIE (NECTAR)

AVEC L'APPUI DU PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT (PNUE)



Juillet, 2009

# ÉTUDE PRÉLIMINAIRE D'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES EN AFRIQUE

## BÂTIMENTS

CONTRIBUTION AU PROJET NEGOCIATION CLIMAT POUR TOUTE  
L'AFRIQUE RÉUSSIE (NECTAR)

DOCUMENT PRÉPARÉ PAR :

---

GRET – GROUPE DE RECHERCHE ET  
D'ÉCHANGES TECHNOLOGIQUES



# PLAN

<b>LISTE DES ACRONYMES .....</b>	<b>4</b>
INTRODUCTION.....	5
<b>1 – ETAT DES LIEUX DU SECTEUR DES BÂTIMENTS EN AFRIQUE .....</b>	<b>6</b>
1.1 - LE SECTEUR DES BÂTIMENTS EN AFRIQUE.....	6
1.2 - LA QUALITÉ DE LA CONSTRUCTION NEUVE .....	10
<b>2 - LES POLITIQUES DE QUALITÉ DE CONSTRUCTION POUR DES BÂTIMENTS PEU ÉMISSIFS DE GAZ À EFFET DE SERRE .....</b>	<b>13</b>
2.1 - LA PRÉSENTATION DES CARACTÉRISTIQUES DES DEUX GRANDES SITUATIONS CLIMATIQUES EXISTANT EN AFRIQUE .....	13
2.2 - LA MISE EN ŒUVRE SELON LES TROIS TYPES DE MARCHÉ DE LA CONSTRUCTION RENCONTRÉS EN AFRIQUE.....	14
2.3 - LES RÉPONSES TECHNIQUES POSSIBLES À APPORTER DANS LA CONSTRUCTION NEUVE .....	15
2.4 - LES RÉPONSES TECHNIQUES POSSIBLES À APPORTER DANS LA RÉHABILITATION DES BÂTIMENTS EXISTANTS .....	37
<b>3 - INTERVENTION DANS LES BÂTIMENTS : LES MÉCANISMES INTERNATIONAUX D'AIDE AU DÉVELOPPEMENT ET DE LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE .....</b>	<b>38</b>
3.1 - LES CRITÈRES À SATISFAIRE PAR LES MÉCANISMES INTERNATIONAUX POUR LE SOUTIEN AUX ACTIONS DANS LE SECTEUR DES BÂTIMENTS .....	38
3.2 - LES FORMES CLASSIQUES D'INTERVENTION PUBLIQUE VERS LES PAYS EN DÉVELOPPEMENT .....	39
3.3 - LES INSTRUMENTS PROPOSÉS PAR LA NÉGOCIATION CLIMATIQUE (CONVENTION DE RIO ET PROTOCOLE DE KYOTO) ET LEUR APPLICATION AUX BÂTIMENTS.....	40
3.4 – LES NOUVEAUX MODES D'INTERVENTION ENVISAGÉS DANS LE NOUVEAU RÉGIME CLIMATIQUE.....	47
<b>4. PROPOSITIONS DE PROGRAMMES ET DE MÉCANISMES.....</b>	<b>49</b>
4.1 - LA CONSTRUCTION NEUVE .....	49
4.2 - LA CUISSON .....	52
4.3 - L'EAU CHAUDE SANITAIRE.....	53
4.4 - L'ÉCLAIRAGE ET LES ÉQUIPEMENTS MÉNAGERS .....	53
4.5 - LA GESTION DES DÉCHETS MÉNAGERS .....	53
4.6 - UNE RÉFLEXION À POURSUIVRE .....	53
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>55</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>56</b>
EXEMPLES DE PROJETS RÉALISÉS .....	56
FOYERS AMÉLIORÉS .....	60
TABLEAU RÉCAPITULATIF DES ACTIONS POSSIBLES À RÉALISER SELON LES SECTEURS DE LA CONSTRUCTION.....	69

## LISTE DES ACRONYMES

- AFD : Agence Française de Développement
- APD : Aide Publique au Développement
- CdP : Conférence des Parties
- CFC : Chlorofluorocarbures
- ECS : Eau Chaude Sanitaire
- GES : Gaz à effet de Serre
- GPL : Gaz de Pétrole Liquéfié
- HFC : Hydrofluorocarbures
- HPE : Haute Performance Energétique
- HQE : Haute Qualité Environnementale
- MDP : Mécanisme de Développement Propre
- MOC : Mise en Œuvre Conjointe
- NAMA : Nationally Appropriate Mitigation Action
- NAPA : National Adaptation Programmes of Action
- PAC : Pompes à Chaleur
- PIB : Produit Intérieur Brut
- PoA : Programme d'Activités-Projets
- REDD+ : Réduction d'émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts et développement du stockage du carbone
- TNA : Technology Needs Assessment on climate change
- UNITAR : United Nations Institute For Training and Research
- URCE : Unité de Réductions Certifiées
- VMC : Ventilation Mécanique Contrôlée

## Introduction

La dénomination de bâtiment sera entendue dans cette étude dans son sens large, incluant à la fois les secteurs résidentiel et tertiaire avec les diverses activités qu'ils recouvrent.

L'étude aborde donc :

- La construction des bâtiments et leur réhabilitation ;
- Les activités thermiques liées au chauffage, au rafraîchissement et à la ventilation des bâtiments ;
- Toutes les activités occasionnant des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre qui y sont situées : l'éclairage, tous les usages de l'électricité, la production d'eau chaude sanitaire ;
- La cuisson (qui représente encore plus de la moitié de l'ensemble des consommations d'énergie en Afrique) ;
- Et par extension, en amont, les activités industrielles et artisanales reliées à la construction des bâtiments : la fabrication des matériaux et des équipements et les activités de chantier.

En outre, pour apprécier le bilan des émissions des ménages dans leur vie domestique, il faudra aborder les émissions de gaz à effet de serre liées à l'élimination des déchets domestiques.

En revanche, les questions de politique urbaine, les transports et l'urbanisme ne seront pas abordées.

Le secteur des bâtiments à usage d'habitation et tertiaire présente trois caractéristiques particulièrement contrastées dans sa relation au changement climatique :

- D'abord, il représente en Afrique les 4/5 des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre en incluant le bois de feu pour la cuisson ;
- Pourtant, il n'a bénéficié quasiment d'aucun soutien financier pour des projets, que ce soit au titre du mécanisme de développement propre ou du fonds d'adaptation ;
- Ensuite, les réflexions sont encore très embryonnaires sur ce que serait une qualité de construction améliorant les conditions de vie et de confort pour les populations, dans la perspective d'un développement futur à bas niveau d'émissions de gaz à effet de serre ;
- Enfin, de nouveaux mécanismes de la négociation climat – les « NAMAs » et « REDD+ » qui seront présentés dans cette étude - ouvrent de réels espoirs car étant adaptés à des projets multiples et de faible taille unitaire.

Ce dernier point est décisif. Mais, au stade actuel, il existe de nombreuses incertitudes sur les instruments qui seront décidés lors de la conférence de Copenhague. Celles-ci portent à la fois sur les champs qu'ils pourraient couvrir, sur leur capacité de financement et sur leur mode de gouvernance.

L'étude ici présentée comprend quatre parties :

- La première présente un état actuel du secteur des bâtiments en Afrique en relation avec changement climatique ;

- La deuxième présente les avancées possibles, notamment au plan des technologies, en se concentrant sur les deux enjeux principaux : la qualité de construction en se situant dans la perspective d'un bâtiment à énergie positive et la réduction des consommations de bois de feu pour la cuisson ;
- La troisième partie dresse un état des instruments de financement des politiques de développement et de changement climatique ;
- La quatrième partie propose les modes de financement qui pourraient soutenir les différentes natures de projets qui construiraient progressivement les filières.

Au-delà du travail effectué dans le cadre de cette étude, il faudra affiner les propositions à faire en fonction des instruments qui seront effectivement décidés dans le cadre de la négociation internationale sur le climat, puis effectuer une analyse plus approfondie de nature technologique et quantitative, à la fois aux plans des émissions et des coûts.

## **1 – Etat des lieux du secteur des bâtiments en Afrique**

### **1.1 - Le secteur des bâtiments en Afrique**

#### **● Historique du secteur des bâtiments en Afrique**

En Afrique, le secteur des bâtiments a historiquement, dans sa relation à l'énergie, deux caractéristiques fortes :

- Avant la période coloniale, l'urbanisation était pratiquement inexistante en dehors de l'Afrique du nord. Les constructions tiraient leurs matériaux essentiellement des ressources locales du monde rural : le bois, l'argile, la terre et diverses fibres végétales ou animales ;
- Au fonctionnement de ces bâtiments n'était associé aucun besoin énergétique autre que le bois nécessaire à la cuisson. L'absence de besoins de chauffage s'accompagnait d'un mode de vie et de conceptions architecturales visant à protéger les occupants des surchauffes engendrées par une exposition directe au soleil. Les besoins de chauffage, essentiellement dans les zones montagneuses, étaient couverts par l'utilisation de bois de chauffe.

#### **● Une construction récente qui a délaissé les questions énergétiques**

Au cours du dernier demi-siècle, l'énergie a constitué un aspect oublié de la conception des bâtiments en Afrique, conséquence naturelle du simple constat de l'absence de besoin de chauffage. Cette perception n'a été progressivement modifiée que ces dernières décennies du fait de l'augmentation des besoins en électricité.

Pourtant, l'habitat et le tertiaire représentent 72% de la consommation finale d'énergie en Afrique, dont les deux tiers correspondent à la cuisson. Cette proportion très élevée résulte également de la très faible consommation d'énergie des autres secteurs : l'industrie, les transports et l'agriculture.

Comme on le verra plus loin, la plupart des usages de l'énergie du résidentiel et du tertiaire présentent des rendements médiocres et des conditions d'utilisation de faible qualité.

○ **Les constructions traditionnelles**

Les habitats traditionnels étaient relativement adaptés au climat et aux particularités locales. Les architectures africaines utilisaient des méthodes simples pour éviter les surchauffes :

- Des formes qui réduisent l'entrée directe du soleil,
- Une forte inertie thermique des murs,
- La végétalisation des abords,
- Des toitures construites dans des matériaux conduisant peu la chaleur (notamment des fibres végétales en toiture dans l'Afrique subsaharienne),
- Une forte ventilation naturelle, notamment dans les zones à forte humidité.

○ **Les constructions récentes**

Mais ces constructions traditionnelles ont peu à peu été remplacées, à mesure que se développaient les villes, par des modes de construction bénéficiant de procédés industriels susceptibles de répondre à une demande importante et rapide de logements.

En outre, ces bâtiments pensés comme « modernes » ont été réalisés selon des techniques conçues pour des pays tempérés et bénéficiant de productions industrielles de masse pour les matériaux. Si ce développement a permis de prendre en charge une croissance annuelle des besoins en logements de 3% par an (contre 1% dans la plupart des pays industrialisés), il s'est malheureusement avéré inadapté aux climats du continent africain :

- Absence de stores protecteurs,
- Vitrages exposés au sud,
- Terrasses mal orientées et non isolées,
- Faible inertie thermique,
- Constructions en béton...

Ces modes de construction mal adaptés ont entraîné une dégradation des conditions de vie des populations dans les périodes chaudes, encore aggravées du fait du changement climatique. S'amorce par voie de conséquence une tendance au développement de la climatisation, notamment dans le tertiaire public pour parer à la mauvaise qualité de conception. Le changement climatique oblige donc à une profonde remise en cause de cette vision initiale de la construction.

○ **L'habitat informel**

L'habitat informel doit également être abordé de ce point de vue. Il représente 50 à 75% du bâti en Afrique subsaharienne, et résulte à la fois de la croissance démographique importante et de l'attraction exercée par les villes, générant un fort exode rural. Cela démontre à quel point le secteur de la construction ne peut industriellement, logistiquement et financièrement faire face à l'ampleur de la demande des populations.

Ces constructions spontanées présentent des caractéristiques génériques : absence d'accès à l'électricité et à l'eau, dépendance au bois de feu pour la cuisson et utilisation des matériaux de construction les plus facilement accessibles : le bois, le béton et la tôle. Or, l'utilisation de la tôle en toiture et des parpaings de béton pour les murs a un moins bon comportement à la chaleur que les matériaux traditionnels : la terre et les fibres.

○ **L'efficacité énergétique dans les bâtiments**

Certains pays sont précurseurs en Afrique dans le domaine de l'efficacité énergétique dans les bâtiments. Par exemple, la Tunisie s'est engagée depuis près de vingt ans dans

une politique de maîtrise de l'énergie. Elle a mis en place un cadre institutionnel et réglementaire spécifique et a lancé un programme national axé sur l'utilisation rationnelle de l'énergie et la promotion des énergies renouvelables. D'autres pays comme l'Algérie ont déjà réalisé des bâtiments HPE (Haute Performance Energétique) et HQE (Haute Qualité Environnementale).

### **Les attentes nouvelles**

Cette évolution historique se heurte à diverses demandes sociales nouvelles qui résultent du processus de développement.

#### **o Des besoins énergétiques nouveaux à satisfaire**

L'évolution des modes de vie, l'accroissement démographique, la disponibilité nouvelle d'appareils électriques pour faciliter la vie domestique, et la raréfaction des ressources en bois, créent de nouveaux besoins énergétiques. Notamment :

- Des besoins d'électricité pour l'éclairage, la réfrigération, les appareils ménagers, les appareils audiovisuels, la téléphonie... ;
- Des besoins d'eau chaude sanitaire ;
- La nécessité de remplacer le bois de feu ou le charbon de bois comme mode de cuisson, à la fois pour éviter la surexploitation du couvert forestier, pour réduire la pollution de l'air intérieur et pour s'adapter à des modes de vie urbains.

Ainsi, des modes de construction qui étaient conçus sans prise en considération des questions énergétiques se trouvent maintenant de plus en plus associés à des besoins énergétiques croissants et de plus en plus diversifiés. Il s'agit là de besoins basiques en croissance rapide. Leur diffusion est liée à la capacité des pays à assurer l'électrification des périphéries des villes et des campagnes.

Les besoins qui précèdent ne remettent pas directement en cause les choix architecturaux et les procédés constructifs. Par contre, ils nécessitent l'accès à des services collectifs : raccordement à l'eau potable, à l'assainissement et à l'électricité.

#### **• Les populations modifient progressivement leurs attentes de confort**

A côté des besoins fondamentaux usuels qui précèdent, les attentes des populations – en termes de confort thermique – évoluent. Des besoins de ventilation et de plus en plus de climatisation se développent compte tenu d'une attente de rafraîchissement augmentée par le réchauffement climatique, qui dégrade les conditions de vie en cas de fortes vagues de chaleur. On assiste à un développement des climatisations actives, sources d'émissions de gaz fluorés au pouvoir de réchauffement global très important. Elles posent d'autant plus problème que les équipements de climatisation sont de médiocre qualité et génèrent d'importantes fuites de fluide frigorigène.

La question de l'adaptation des bâtiments représente donc un enjeu vital pour l'Afrique, qui subira de plein fouet le changement climatique mais également la hausse des prix et la rareté des énergies fossiles, alors même que les attentes de logement, de confort et d'amélioration du niveau de vie se font de plus en plus fortes. La construction du parc de logements symbolise tout l'enjeu du changement climatique en Afrique : parvenir à concilier croissance, développement et maîtrise de la hausse des émissions de gaz à effet de serre et de la consommation énergétique. De plus, dans le contexte actuel de changement climatique, les événements climatiques extrêmes vont augmenter (sécheresses, inondations...) et il est donc nécessaire d'adapter les bâtiments à ces phénomènes. Or, le fait que les constructions modernes en Afrique aient utilisé des modes

de construction non adaptés aux climats africains a encore accru les besoins de rafraîchissement.

Cette augmentation des besoins de rafraîchissement rend nécessaire une profonde révision à la fois des choix architecturaux et des procédés constructifs.

Par ailleurs, la climatisation utilise de l'énergie électrique, produite le plus souvent en Afrique dans des centrales vétustes à faible rendement utilisant des énergies fossiles. Associée aux pertes du réseau électrique et à la mauvaise qualité des appareils de climatisation, elle induit de fortes émissions de gaz à effet de serre. La montée progressive des besoins de climatisation perturbe le fonctionnement des réseaux électriques du fait des pointes d'appel de puissance en milieu de journée. Le secteur électrique est le plus souvent incapable de suivre cette augmentation de besoins. Or, comme l'enjeu principal des secteurs électriques africains reste d'apporter l'électricité aux zones rurales, ces perturbations en entravent la progression.

### **Le poids des bâtiments dans la consommation énergétique et les émissions de gaz à effet de serre**

D'après la Banque Mondiale, la consommation énergétique actuelle des bâtiments (y compris la cuisson) représente :

- entre 30 et 40% de la consommation d'énergie primaire mondiale
- les 4/5 de la consommation des pays en développement.

L'Afrique ne fait pas exception à cette tendance.

#### Consommation finale par source d'énergie du secteur bâtiment

- Electricité : 4%,
- Produits pétroliers : 20%,
- Biomasse 76% : (essentiellement combustibles ligneux composés de bois de feu, de charbon de bois et de résidus agricoles)

Source : FAO, « Les bioénergies », Comité de l'agriculture, 19<sup>ème</sup> session, Rome, 13-16 avril 2005.

### **Le secteur des bâtiments, un enjeu majeur pour les pays en développement**

De ce qui précède résultent cinq considérations principales :

- **Le secteur des bâtiments tend à devenir le premier émetteur de gaz à effet de serre dans le monde**

Selon un scénario tendanciel des émissions de CO<sub>2</sub>, le secteur des bâtiments pourrait atteindre 7Gt dans les pays en développement. Les activités résidentielles et tertiaires absorbent également les deux tiers des consommations d'électricité. Ce secteur est en outre celui dans lequel les économies d'énergie et les réductions d'émissions sont les plus accessibles au plan technologique.

- **Ce secteur est déterminant par la très longue durée de vie des bâtiments**

Les bâtiments que l'on construit aujourd'hui vivront quasiment la totalité de ce siècle. Ainsi, si les émissions de gaz à effet de serre des pays africains sont encore très faibles (moins de 4% des émissions mondiales), la qualité de construction des bâtiments et des

équipements de consommation d'énergie qui y seront installés va déterminer largement les émissions pour les décennies à venir.

Si la question de la qualité de la construction neuve est déterminante en Afrique, se posera également progressivement celle de la réhabilitation des constructions existantes, notamment des grands bâtiments du tertiaire public et des logements sociaux construits ces dernières décennies et qui offrent un confort thermique médiocre en cas de vague de chaleur.

- **Le secteur des bâtiments détermine très fortement un autre secteur majeur, celui de la production électrique**

Il ne peut y avoir de maîtrise des émissions de gaz à effet de serre au stade de la production d'électricité sans un niveau élevé d'efficacité énergétique dans les usages dans les bâtiments. Le continent africain est l'un de ceux dont la production électrique est la plus dépendante des combustibles fossiles (charbon en Afrique du sud, pétrole et gaz naturel ailleurs). Cela résulte de la très faible part des énergies renouvelables, due au retard d'équipement hydroélectrique malgré des ressources considérables.

- **Ce secteur est déterminant au plan de la vie des populations**

Parvenir à proposer des bâtiments très économes en énergie, durables, de qualité et peu émetteurs de gaz à effet de serre donnerait des assurances de meilleure qualité de vie pour l'ensemble des populations des pays africains et faciliterait donc la prise en charge de la question du changement climatique.

- **La consommation de bois de feu pour la cuisson est cruciale pour les populations**

Si la situation en la matière varie fortement d'un pays à l'autre, le constat le plus fréquent en Afrique, est celui de prélèvements excessifs de bois de feu induisant des processus de déforestation, de dégradation du couvert forestier et de désertification. Ceux-ci ont ensuite des conséquences négatives et souvent irréversibles sur l'agriculture et les ressources en eau et génèrent une forte pollution de l'air intérieur des habitations.

## **1.2 - La qualité de la construction neuve**

La question de la qualité de construction neuve est intrinsèquement liée aux problèmes énergétiques et aux émissions de gaz à effet de serre. Il est nécessaire de revoir la conception des bâtiments en s'inspirant à la fois des habitats traditionnels et des avancées de la construction bioclimatique. C'est cette question qui est au cœur, avec celle du bois de feu, de l'évolution de la consommation d'énergie et de l'émission de gaz à effet de serre en Afrique.

### **● Les concepts de bâtiment passif et à énergie positive**

Depuis une trentaine d'années, des réflexions et des recherches ont été engagées à la fois pour faire face aux prix élevés de l'énergie, réduire la dépendance énergétique, réduire la pollution de l'air intérieur et éviter les émissions de gaz à effet de serre. Si les progrès en la matière ont été importants, leur diffusion a été très variable du fait essentiellement des prix erratiques de l'énergie. Divers concepts ont été élaborés, des expérimentations engagées et enfin, des processus de diffusion massive enclenchés.

○ **La conception bioclimatique des bâtiments**

La conception bioclimatique des bâtiments prend en compte un certain nombre de mesures :

- le choix du terrain ;
- la volumétrie et forme du bâtiment ;
- l'implantation tenant compte de l'ensoleillement, des ombres portées et des vents dominants (force et direction) ;
- l'orientation permettant de profiter des apports solaires gratuits ;
- la disposition judicieuse des fonctions (espaces servants/servis) ;
- le dimensionnement et l'emplacement judicieux des ouvertures ;
- l'isolation de l'enveloppe pour une inertie thermique adaptée ;
- une préférence pour les matériaux locaux ;
- l'utilisation de la végétation comme rideau naturel (espèces locales) ;
- les protections solaires fixes et mobiles.

Ce mode de conception, introduit dès les années 80, ne fixait pas *a priori* d'objectifs quantifiés d'efficacité énergétique ou de contribution des énergies renouvelables.

○ **Le bâtiment passif**

Un bâtiment dit « passif » est un bâtiment dont la conception architecturale, les matériaux et le niveau d'isolation permettent de minimiser et d'optimiser les apports nécessaires en énergie pour répondre aux besoins thermiques (et, dans une certaine mesure, d'éclairage). Le concept de bâtiment passif a été élaboré et développé dans des pays confrontés à des besoins importants de chauffage, essentiellement l'Allemagne et les pays scandinaves.

Ce type de bâtiments est particulièrement pertinent pour un climat froid demandant du chauffage avec les caractéristiques suivantes : isolation renforcée, limitation des déperditions thermiques, étanchéité à l'air extérieur, performance des appareils, réduction des consommations d'énergie... Des concepts proches ont été développés dans d'autres régions du monde (Japon, Etats-Unis).

○ **Le bâtiment à énergie positive**

Un bâtiment à énergie positive est un bâtiment dont les consommations d'énergie ont été à ce point optimisées qu'elles deviennent plus faibles que l'énergie que ce bâtiment peut produire à partir de son environnement (énergies solaires, éolienne, géothermique, ou issues de la biomasse).

Un bâtiment à énergie positive est donc un bâtiment passif (qui consomme très peu d'énergie) auquel on ajoute des équipements de production d'énergie. Cette conception est particulièrement adaptée aux pays chauds bénéficiant d'un bon ensoleillement.

○ **Quel bâtiment à faible consommation d'énergie et émission de gaz à effet de serre pour l'Afrique ?**

L'objectif de cette étude est donc d'analyser quelles conceptions de bâtiments à très faible consommation d'énergie et émission de gaz à effet de serre serait possible en Afrique tout en apportant aux populations de bonnes conditions de confort répondant à leurs besoins domestiques.

Les concepts développés dans les pays industrialisés sont utiles à analyser. Néanmoins, le problème à résoudre est inversé. Il ne s'agit pas de réduire les besoins de chauffage mais de faire face à un climat chaud en évitant au maximum le recours à la climatisation

active. Néanmoins, le traitement de l'enveloppe des bâtiments peut présenter des similitudes : isolation, renouvellement d'air, etc.

Pour ce qui concerne les autres besoins énergétiques, les approches sont relativement semblables au plan des technologies (production d'eau chaude, éclairage, équipements électroménagers). La prise en compte de la cuisson est spécifique mais les options possibles sont largement connues.

Il faudra ensuite clairement distinguer la question de la qualité de la construction neuve de celle de la réhabilitation des bâtiments anciens. Cette réhabilitation visera à assurer à la fois une mise aux normes, une amélioration du confort en cas de forte chaleur et également une réduction des dépenses de climatisation. Il faudra également, autant que possible, adapter les technologies développées dans le bâtiment neuf pour la reprise progressive du parc bâti ancien, même si les performances obtenues seront nécessairement moindres. Ces projets devront être traités au cas par cas.

- **Des perspectives importantes à long terme**

Une meilleure gestion de l'énergie par le biais de mesures économiquement et techniquement efficaces peut permettre une économie de 10% à 30% des consommations d'énergie. Selon l'Agence Internationale de l'Energie, le secteur des bâtiments – en imaginant un scénario de généralisation planétaire des bâtiments à énergie positive et adaptés aux contraintes climatiques – serait à même de fournir 40% de toutes les économies d'énergies mobilisables à l'horizon 2030 et 68% des économies d'électricité, notamment grâce à la mise en place de systèmes de climatisation efficaces. C'est donc dans le secteur des bâtiments que le potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre sera le plus important.

- **Politiques d'adaptation et de réduction des émissions dans la lutte contre le changement climatique**

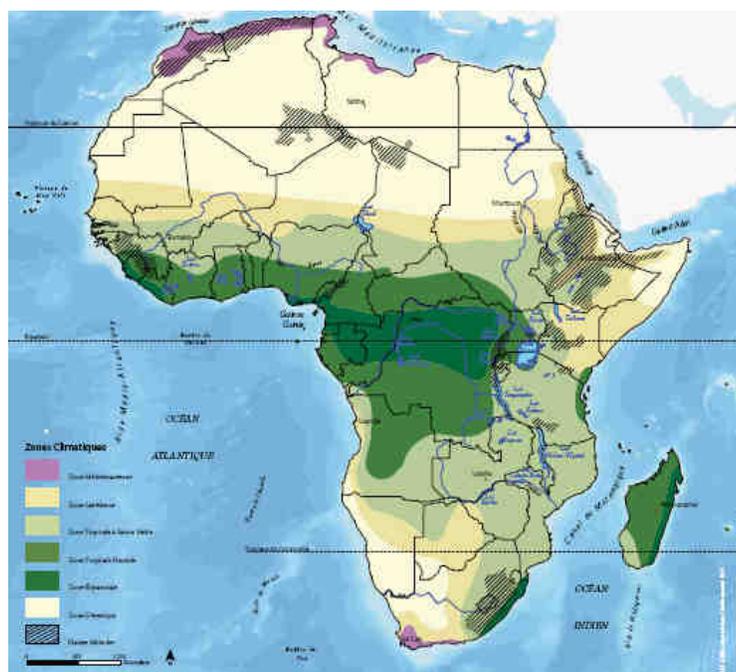
Dans la construction de bâtiments neufs, il ne fait guère sens d'opérer une distinction ferme entre actions d'adaptation et actions d'atténuation. En effet, la majorité des actions visant à adapter les bâtiments aux changements climatiques, notamment en les rendant moins énergivores ou en offrant un accès à l'électricité, permettront également de réduire les émissions (réduction de la consommation de bois de feu, de la climatisation...). Et inversement, en créant un parc de logements neufs moins émetteur, notamment grâce à la diffusion de bâtiments à énergie positive ou de foyers améliorés pour la cuisson au bois, les conditions de vie des populations s'amélioreront et seront mieux adaptées à la nouvelle donne climatique.

## 2 - Les politiques de qualité de construction pour des bâtiments peu émissifs de gaz à effet de serre

### 2.1 - La présentation des caractéristiques des deux grandes situations climatiques existant en Afrique

Carte climatique de l'Afrique (Source : PNUD)

	Zone méditerranéenne
	Zone désertique
	Zone sahélienne
	Zone tropicale à saison sèche
	Zone tropicale humide
	Zone équatoriale
	Hautes altitudes



On observe six zones climatiques principales en Afrique qu'on peut simplifier en deux zones climatiques majeures : celle du « climat chaud et sec » et celle « climat chaud et humide » qui correspondent grossièrement aux zones méditerranéennes et tropicales d'une part, et équatoriales d'autre part.

#### ✓ **Le climat chaud et sec**

Ce climat se caractérise par :

- Un ensoleillement important ;
- Des températures élevées ;
- Une différence de température entre le jour et la nuit relativement importante ;
- Une hygrométrie faible.

En zone de climat chaud et sec, on recherche à l'intérieur des bâtiments un microclimat thermique confortable parce que découplé des conditions extérieures. Pour cela, on favorise une inertie lourde, des protections solaires poussées (ouvertures réduites), de grandes surfaces rayonnantes (ex : toiture en forme de coupole) et une ventilation

nocturne bien gérée pour profiter de la fraîcheur nocturne. La question de la gestion de l'air entrant sera donc centrale.

La différence de température entre le jour et la nuit étant relativement importante, on cherche à limiter les surchauffes le jour et on évacue les calories emmagasinées dans la journée en ventilant fortement la nuit.

✓ **Le climat chaud et humide**

Ce climat se caractérise par :

- Un ensoleillement important ;
- Une durée du jour constante ;
- Des températures élevées avec une relativement faible différence entre le jour et la nuit et une variation saisonnière faible ;
- Une hygrométrie toujours élevée.

En climat chaud et humide, on recherche dans les bâtiments des conditions d'ambiance proches de celles de l'extérieur. C'est à dire qu'on recherche des conditions de confort identiques à celles ressenties par un individu, à l'ombre sous une brise légère. Pour cela on favorise les protections solaires, une inertie légère et une ventilation permanente.

L'hygrométrie étant toujours élevée, on ventile fortement pour améliorer le confort en diminuant la sensation d'humidité.

✓ **Le climat de montagne**

On retrouve des conditions climatiques différentes en montagne, essentiellement au Nord, à l'Est et au Sud de l'Afrique. Au-delà de fortes différences, ce climat de montagne est proche d'un climat tempéré avec des températures plus douces impliquant des besoins de chauffage si la saison froide est bien marquée.

## ***2.2 - La mise en œuvre selon les trois types de marché de la construction rencontrés en Afrique***

Il est essentiel de distinguer trois secteurs de la construction différents en Afrique. Ils diffèrent tant par les technologies accessibles, les compétences et la formation de ceux qui les mettent en œuvre, leur relation aux réglementations de construction et d'urbanisme, leur mode de financement et les populations à qui ces constructions s'adressent. Les propositions qui seront à faire pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments et réduire les émissions de gaz à effet de serre devront être spécifiques à chacun de ces modes de construction.

✓ **Une construction industrialisée sur les standards de pays industrialisés**

Ce secteur est dominé par de grands groupes internationaux et s'intéresse d'abord à la construction des bâtiments publics, des infrastructures touristiques, des bureaux, des hôtels destinés au tourisme...

✓ **Une construction par des entreprises artisanales**

Ce secteur concerne la construction de logements individuels ou de bâtiments de faible hauteur essentiellement.

✓ **Une construction informelle**

Le secteur de l'auto-construction, qui comprend les bidonvilles, concerne des bâtiments construits par leurs habitants avec des matériaux peu chers et disponibles facilement.

## **2.3 - Les réponses techniques possibles à apporter dans la construction neuve**

### ✓ **La conception générale des bâtiments**

Quand on conçoit un bâtiment, on doit tenir compte du lieu, du climat et de l'usage de ce bâtiment. Il faut prendre en compte des points suivants :

- l'implantation, le choix du terrain ;
- l'orientation ;
- la mitoyenneté : forte dans les régions chaudes et sèches et faible dans les régions chaudes et humides ;
- la volumétrie et la forme.
- l'aménagement intérieur : avec patio central, terrasse ombragée... ;
- le « solaire passif » ;
- la végétation pour rechercher l'ombre ;

#### • **En climat chaud et humide**

On recherche à construire dans des zones exposées aux vents dominants. Une mitoyenneté faible permet de favoriser la ventilation en laissant circuler l'air entre les bâtiments. Les terrasses ombragées le long des bâtiments et la végétation permettent de bénéficier d'ombrage non négligeable pour apporter de la fraîcheur. Le choix de la compacité générale du bâtiment est une source très importante d'économies aussi bien en énergie qu'en investissement. Les pertes et les apports de chaleur sont en effet en fonction de la surface des parois en contact avec l'extérieur ou avec le sol : pour un même volume et une même surface, une habitation plus compacte consomme moins d'énergie pour le chauffage ou la climatisation. Il y a donc un compromis à trouver entre la surface extérieure d'un bâtiment et son volume pour limiter les apports de chaleur, favoriser les pertes et diminuer les consommations. Il faut également faire attention à la surface de vitrage apportant de la lumière mais également de la chaleur et donc installer des protections solaires.

#### • **En climat chaud et sec**

On recherche une forte mitoyenneté car le rapprochement des bâtiments permet de réduire les surfaces des parois exposées au soleil et de créer des zones d'ombrage. Les habitations s'organisent autour d'un patio central qui permet d'apporter de la fraîcheur. On retrouve les mêmes problématiques que pour la zone chaude et humide en ce qui concerne l'ombrage, la compacité et les protections solaires. La présence de végétation permet d'apporter de l'humidité, en plus de l'ombrage.

Ci-dessous un exemple d'action réalisable sur cette cible indiquant les secteurs de la construction auxquels ces actions se rattachent (tableau récapitulatif en annexe) :

Actions	Description	Construction industrialisée	Construction par des entreprises artisanales	Construction informelle
<i>Formation de la chaîne d'acteurs (architectes, ingénieurs, techniciens...)</i>	Le concept de bâtiment à énergie positive est nouveau et il est donc nécessaire de former la chaîne d'acteurs du bâtiment à ces nouvelles techniques.			

Cette distinction entre les deux principaux climats étant établie, les parties qui suivent vont permettre d'analyser une par une les grandes composantes de la construction neuve et de dégager des préconisations techniques.

✓ **Le traitement de l'enveloppe du bâtiment**

Les principaux choix à faire vont porter sur le type de matériaux de construction à retenir et la nature et la forme d'isolant à utiliser.

○ **La problématique des matériaux et leur production industrielle**

Le choix des matériaux doit se faire en fonction de la partie du bâtiment (mur, toiture...), de leur mode de fabrication et de leur coût. Parmi les matériaux de construction, on distingue ceux issus d'une production industrielle (ciment, tôle ondulée, verre, ...) et ceux qu'on peut qualifier de matériaux locaux améliorés tels que le bois, la terre stabilisée, la terre cuite, la pierre, etc. On parle de matériaux locaux par opposition aux matériaux dits « industriels » qui sont maintenant complètement intégrés aux pratiques de construction en Afrique. Ceux qu'on appelle les matériaux locaux sont des matériaux naturels appliqués avec des techniques traditionnelles, ou améliorés et traités en vue d'en accroître les performances.

Les **matériaux industriels** sont largement employés par les populations africaines. Leur utilisation n'est pas remise en cause et les populations sont convaincues de leur solidité et de leur efficacité. Si ces matériaux sont si largement utilisés, c'est qu'il n'y a pas d'alternative réelle immédiatement disponible le plus souvent à partir de matériaux locaux, faute de filière suffisamment organisée et de préparation technologique de ces matériaux. Ils sont donc imposés par facilité. Ces matériaux sont chers et difficiles d'accès pour les populations les plus isolées. Leur mise en œuvre est longue et compliquée et ils sont mal adaptés aux pays chauds. Leur coût environnemental est également élevé.

Les **matériaux locaux améliorés** (par exemple des briques de terre crue auxquelles on ajoute du ciment) sont adaptés aux pays chauds et offrent de réelles garanties de qualité de vie, notamment en termes de confort acoustique et thermique. Ils permettent une économie d'isolation et de climatisation grâce à leurs propriétés. L'amélioration des matériaux peut se faire par de nouvelles techniques simples et une petite logistique facile d'accès et facilement maîtrisable. La construction en matériaux locaux améliorés est une véritable opportunité pour le développement de petites entreprises rurales et permet de créer de nouveaux emplois. Cela nécessite l'utilisation de petits équipements diversifiés et manuels, et donc abordables.

Mais actuellement peu de professionnels sont formés à ces techniques, ce qui augmente le coût des interventions. Il n'y a pas de programmes et de formations spécifiques qui permettraient de structurer de vraies filières économiques dédiées à ce type de construction. S'il n'y a pas d'expertise locale, les artisans locaux ne peuvent être formés aux techniques de construction en matériaux locaux. La promotion des matériaux locaux adaptés nécessite un financement important. En effet, ces derniers sont peu compétitifs et sont plus chers en coût de revient que les matériaux industriels. De plus, bien qu'ils emploient des matériaux et de la main d'œuvre locaux, ils nécessitent l'importation de machines et d'outils, généralement en provenance de l'étranger. Sans volonté politique, le développement de ces matériaux sera difficile.

Le secteur de la construction occupe une grande partie de l'activité économique, s'étendant de la construction de maisons individuelles à la réparation. L'activité de la construction se divise entre le logement, la construction non-résidentielle et les projets de génie civil.

Les entreprises dans la construction englobent aussi bien des travailleurs indépendants que des multinationales. En général, la plupart des entreprises sur les sites de construction fait un type de travail spécifique et couvre une localité bien précise. Les matériaux de construction, les pièces d'assemblage, l'équipement, ainsi que les locaux sont en principe achetés ou loués par d'autres entreprises. La conception et les services d'ingénierie sont également suppléés par d'autres. A la différence des autres industries, la construction dispose de matériaux, produits ou assemblés sur le lieu d'utilisation, impliquant une main-d'œuvre mobile.

Voici un tableau non exhaustif présentant différents matériaux de construction et leurs techniques de fabrication :

Matériau	Technique	Description de la technique employée
Terre	<i>Adobe</i>	La technique de l'adobe consiste à mouler sans compactage des briques avec de la terre et à les laisser sécher au soleil. On le connaît aussi sous le nom de « brique de terre crue » et « banco ». On ajoute parfois du sable ou des matières organiques (fumier, paille) à la terre.
	<i>Banco</i>	
	<i>Brique de Terre Crue</i>	
	<i>Brique de Terre Comprimée</i>	La terre est comprimée au moyen d'une presse pour façonner des briques de terre comprimées. Après séchage, elles seront utilisées de la même façon que les briques d'adobe, les briques cuites ou les agglomérés de ciment.
	<i>Pisé</i>	Le pisé est un système constructif en terre crue. On le met en œuvre dans des coffrages, appelés banchage.
	<i>Brique géopolymère</i>	Cette brique est fabriquée à base d'argile latéritique, avec un peu de géopolymère liant. La brique géopolymère peut être produite par des petites briqueteries avec peu d'équipements et de charges financières. C'est une brique peu coûteuse et adaptée aux climats chauds.
Végétaux	<i>Bois</i>	Le bois a une densité beaucoup plus faible que le béton ou la terre, il est donc plus approprié en régions chaudes et humides. C'est un matériau naturel et dans une certaine mesure, renouvelable.
	<i>Chaume</i>	Le terme chaume désigne généralement la paille après les moissons ou d'autres tiges ligneuses. Il permet une bonne isolation thermique. Le principal problème est la vulnérabilité au feu. Ainsi, se développe une technologie de couche protectrice contre les incendies.
	<i>Torchis</i>	Le torchis est une technique de construction du type ossature en bois - remplissage en terre, qui permet la réalisation de constructions à pan de bois. Traditionnellement, l'ossature porteuse principale est constituée de poutres de bois, complétée par un clayonnage à base de bois souples (appelés fuseaux, éclisses), ou de jonc, roseau et bambou. Ces fuseaux sont hourdés, c'est-à-dire enroulés d'un mélange de terre à l'état plastique auquel sont souvent ajoutées des fibres végétales ou animales.
Béton	« Béton » est un terme générique qui désigne un matériau de construction composite fabriqué à partir de granulats (sable, gravillons) agglomérés par un liant. Le béton est un matériau extrêmement utilisé parce qu'il est durable, résistant à l'eau et au feu, malléable, et peu cher.	
	<i>Ciment</i>	Le liant le plus utilisé est le ciment.
	<i>Terre</i>	Dans ce cas le liant est du limon et de l'argile. Le béton de terre est intéressant si on peut utiliser un matériau tout-venant comme des gravillons et de l'argile latéritique ou des sables argileux. On peut améliorer la résistance mécanique des sols en ajoutant des stabilisants comme le ciment, la chaux, la paille...

### ○ L'isolation

L'isolation peut se faire soit par l'intérieur, soit par l'extérieur. Le matériau isolant peut aussi être réparti (le matériau sert à la fois de matériau de construction et d'isolation).

En climat chaud, l'isolation totale est à exclure : on isole uniquement les parties très exposées. En climat chaud et humide, on n'isole pas les murs mais uniquement la toiture. Il faut également ventiler fortement la toiture pour évacuer la chaleur. En climat chaud et sec on isole les murs et la toiture. L'isolation par l'extérieur est préférable car elle permet de stocker la fraîcheur diurne et d'éviter que les murs n'accumulent la chaleur du jour et que, inévitablement, la rediffuse la nuit pour partie vers l'intérieur du bâtiment. L'isolation répartie avec une construction en terre est également une bonne solution.

Le choix d'un isolant thermique se fait selon plusieurs critères :

- Sa conductivité thermique ( $\lambda$ ),
- Son inertie liée à sa densité, particulièrement en climat chaud,
- Le type de matériau (perméabilité).

Ces isolants peuvent être :

- Des isolants synthétiques : polystyrènes, polyuréthanes, mousse urée-formol, polyesters ;
- Des isolants minéraux : laines minérales, verre cellulaire, perlite et vermiculite, argile expansée ;
- Des « isolants » réflecteurs minces ;
- Des isolants végétaux : bois feutré, *fibragglos*, granulats de bois minéralisé, laine de cellulose, liège expansé, chanvre, lin, « laine » de coco, « laine de coton », roseaux ;
- Des isolants d'origine animale : laine de mouton, plumes de canard ;
- Des isolants locaux non commercialisés : copeaux et sous-productions des industries du bois, pailles diverses et résidus de récolte, « laines » potentielles, « polystyrènes verts ».

Il est préférable d'employer des matériaux isolants locaux, qu'ils soient végétaux (laine de chanvre, laine de bois...) ou animaux (laine de mouton) pour limiter l'importation de produits industrialisés.

En ce qui concerne la composition des isolants « naturels », il faut être vigilant aux méthodes utilisées en termes de fabrication, notamment en ce qui concerne les éventuels produits utilisés pour les rendre résistants à la compression mécanique, à l'humidité, au feu, aux insectes, aux champignons... En fin de vie, ce sont des produits facilement recyclables puisqu'ils sont « naturels » (biologiques).

Voici une liste d'actions réalisables sur cette cible avec leurs descriptions et les secteurs de la construction auxquels ces actions se rattachent :

Actions	Description	Construction industrialisée	Construction par des entreprises artisanales	Construction informelle
<i>Mise en place d'une réglementation thermique pour les bâtiments de l'Etat et touristiques</i>	La mise en place d'une réglementation thermique permet de limiter les consommations d'énergie des bâtiments. Cela étant difficile à mettre en place et à faire respecter par les constructeurs, on se limite aux bâtiments de l'Etat et touristiques pour sa mise en place.			
<i>Mise en place d'une filière de fabrication de matériaux locaux</i>	Il faut essayer de favoriser l'usage de matériaux locaux dans la construction, pour cela il est nécessaire de former les acteurs, de disposer des outils et des appareils nécessaires, et d'utiliser des matières premières locales (terre, ciment, végétaux).			
<i>Isolation des toitures</i>	Pour un plus grand confort en climat chaud, il faut limiter les surchauffes des parties exposées, notamment les toitures. Il est donc intéressant de les isoler pour limiter ces surchauffes.			
<i>Favoriser l'usage de matériaux locaux</i>	L'usage de matériaux locaux permet de diminuer l'importation de matériaux et de développer des économies locales			
<i>Limiter le recours à la tôle ondulée</i>	L'usage de matériaux non adaptés aux climats chauds comme la tôle ondulée crée des surchauffes importantes dans les bâtiments, il est donc important d'en limiter l'usage et de développer des matériaux de substitution.			

○ **Les protections solaires**

Les protections solaires servent à se protéger du rayonnement solaire direct. Les masques architecturaux ou protections solaires sont des parties de bâtiment qui créent des ombres sur d'autres parties du bâtiment (en général des vitrages). L'ombre créée par un masque dépend de différents paramètres :

- l'heure de la journée ;
- la saison ;
- la forme et les dimensions du vitrage ;
- la forme et les dimensions du masque ;

- la position du masque par rapport au vitrage à protéger.

La protection des parois extérieures a pour objectif d'arrêter, de freiner et de réfléchir les flux solaires. Plusieurs dispositifs sont possibles :

- le recul de la façade et débords de toiture en façades Nord et Sud ;
- les pare-soleils horizontaux ou verticaux à l'Est et à l'Ouest, les avancées verticales protègent du soleil bas, le matin et l'après-midi ;
- les réflecteurs ;
- les matériaux ou revêtements réfléchissants ;
- les matériaux isolants ;
- d'autres systèmes comme les parois double peau.

- **Les masques architecturaux ou protections fixes**

Le plus souvent, ils font partie des ouvrages de maçonnerie et sont situés autour des baies vitrées que l'on désire protéger. Comme on les place au moment de la construction, ils n'ajoutent pas de surcoût important.

On distingue :

- les effets d'**auvent** : débord de toit, saillie de dalle, brise-soleil, auvent, balcon filant, écran à lames horizontales, etc.
- les effets de **flanc** : décrochement de façade, saillie de refends, écran à lames verticales, etc.
- les effets de **loggia** : loggia, tableaux et linteau de fenêtre, écran à lames croisées, etc.
- les effets de **patio** : cour intérieure, patio, puits de lumière, garde-corps plein + saillie de refends, etc.
- les effets de **vis-à-vis** : vis-à-vis sur une rue, mur de clôture, garde-corps plein, protection solaire en double peau, etc.

- **Les protections mobiles**

Sont considérées ainsi toutes les protections mises en place uniquement quand cela est nécessaire. Dans cette catégorie se trouvent :

- les volets,
- les stores vénitiens,
- les lames.

Quand il s'agit de systèmes de fermeture comme les volets, ceux-ci assurent en général d'autres fonctions :

- l'isolation thermique en hiver,
- l'aération nocturne pour le rafraîchissement,
- la protection contre l'intrusion.

Voici une liste d'actions réalisables sur cette cible avec leurs descriptions et les secteurs de la construction auxquels ces actions se rattachent :

Actions	Description	Construction industrialisée	Construction par des entreprises artisanales	Construction informelle
<i>Protections fixes ou mobiles pour les ouvertures</i>	Il est important de protéger les ouvertures des bâtiments par des protections solaires fixes (auvent, brise-soleil) ou mobile (volet) pour limiter les surchauffes			
<i>Espaces de transition (galeries, terrasses couvertes)</i>	Selon les régions, ces espaces ne sont pas conçus de façon identique et ne portent pas le même nom. On parle plutôt de terrasses couvertes en zone humide et de galeries en zone sèche.			
<i>Protections végétales</i>	Dans les régions où cela est possible, l'usage de protections végétales est intéressant notamment les arbres caduques qui perdent leur feuillage en hiver et donc protègent du soleil en été mais laissent passer les rayons du soleil en hiver.			

○ **La ventilation**

La ventilation en pays chaud est un point important du confort qui permet de modifier sensiblement le niveau de confort thermique d'un bâtiment.

C'est là une question déterminante car les modes de vie diffèrent fortement des pays tempérés :

- Dans les pays tempérés, la prévention contre le froid débouche sur des modes de vie où l'on se protège de l'air extérieur.
- Dans les zones méditerranéennes, tropicales ou équatoriales, les habitudes sont fort différentes. On aime vivre « dehors » aussi bien qu'à l'intérieur, il est donc plus difficile de bien gérer les échanges entre l'extérieur et l'intérieur alors que c'est la condition du confort dans les zones de climat chaud et sec.

Une utilisation judicieuse du vent, élément essentiel du bioclimatisme, permet de favoriser la ventilation naturelle et donc de limiter les consommations d'énergie pour ce poste. Les brasseurs d'air augmentent la circulation des fluides qui entraînent un refroidissement physiologique. Leur utilisation d'appoint permet de renforcer une ventilation naturelle insuffisante. L'utilisation d'une Ventilation Mécanique Contrôlée double flux avec échangeur de chaleur permet de rafraîchir l'air soufflé dans le bâtiment. Cette solution, bien qu'onéreuse, serait donc intéressante pour des gros complexes. En effet plutôt que de faire entrer de l'air chaud venant de l'extérieur dans le bâtiment pour assurer le renouvellement de l'air intérieur, il s'agit de refroidir l'air entrant par l'air sortant dans un échangeur de chaleur.

La ventilation naturelle est provoquée par une différence de température ou de pression entre les façades d'un bâtiment. Elle permet d'évacuer des locaux les apports de chaleur internes et les apports solaires.

Voici différents dispositifs pour optimiser la ventilation naturelle :

- Evaluer le potentiel de ventilation en fonction du site ;
- Exposer les façades aux vents dominants des mois les plus chauds ;
- Eloigner le bâti des obstacles à l'écoulement du vent ;
- Protéger l'abord et l'enveloppe du bâti des rayonnements solaires ;
- Dimensionner les ouvertures et les dispositifs qui favorisent les écoulements d'air dans les espaces intérieurs ;
- Anticiper l'aménagement intérieur afin que les circulations d'air soient canalisées avec un minimum de frottement.

Voici une liste d'actions réalisables sur cette cible avec leurs descriptions et les secteurs de la construction auxquels ces actions se rattachent :

Actions	Description	Construction industrialisée	Construction par des entreprises artisanales	Construction informelle
<i>Favoriser la ventilation naturelle</i>	En favorisant la ventilation naturelle, on permet à la fois d'évacuer les calories accumulées par la chaleur et on diminue la consommation d'énergie pour ce poste.			
<i>Etudier la possibilité d'utiliser la VMC double flux</i>	Un système de Ventilation Mécanique Contrôlée double flux permet de diminuer la température de l'air insufflé dans le bâtiment. Ce type de système coûte cher et prend de la place dans les bâtiments (tuyaux de diamètre important).			

o **Le rafraîchissement**

Un système de rafraîchissement sera défini par l'absence d'appareil thermique à puissance garantie assurant une production de froid. Il en résulte :

- une impossibilité de respecter une température de consigne dans certains cas ;
- une température intérieure dépendante des conditions extérieures.

La question du rafraîchissement d'un bâtiment se fait en deux temps qu'il faut bien distinguer :

- d'abord, on réduit les surchauffes par de multiples protections, ce qui abaisse la température,
- ensuite, on peut utiliser des systèmes de climatisation active.

Il s'agit au préalable de minimiser les besoins de rafraîchissement. Pour cela :

- on utilise des protections solaires fixes (brise-soleil), mobiles (screen perforés, stores aluminium à lames empilables et orientables), végétales (arbres à feuilles caduques pour l'ombrage) ;

- on limite les surchauffes par l'isolation et l'inertie ;
- on dissipe et on rafraîchit l'air chaud ;
- on réduit les surfaces vitrées ;
- on utilise des stores à très faible facteur solaire (proportion de l'énergie solaire qui entre à l'intérieur d'un bâtiment comparé avec l'énergie reçue à l'extérieur de la paroi vitrée) ;
- on met en place une bonne ventilation nocturne pour évacuer la chaleur emmagasinée dans la journée ;
- on diminue des apports internes : éclairage économe, ordinateurs, réfrigérateurs...
- on recherche la meilleure utilisation possible des techniques passives.

• **Le puits provençal ou canadien**

Un puits provençal consiste en un ensemble de tubes (éventuellement un tube unique), enterrés à l'horizontale sous le bâtiment (ou à côté de celui-ci), et intégrés au système de ventilation. Le but du système est d'amortir les variations de température de l'air extérieur en tirant parti de l'inertie thermique du sous-sol : en récupérant la fraîcheur du sol en été et la chaleur du sol en hiver. Cette solution se propose dans le secteur résidentiel comme dans le petit tertiaire.

On parle de puits canadien quand il est utilisé pour chauffer et de puits provençal pour refroidir.

En climat chaud, le puits provençal permet de rafraichir en général de 5 à 8°C la température à l'intérieur de la maison. Cette installation n'est pas associée à un système actif de climatisation, il s'agit d'un simple soufflage d'air rafraichi par le sol. Il y a cependant un risque de condensation dans les tuyaux qui peut favoriser la multiplication des moustiques, surtout dans les régions humides.

Voici une liste d'actions réalisables sur cette cible avec leurs descriptions et les secteurs de la construction auxquels ces actions se rattachent :

Actions	Description	Construction industrialisée	Construction par des entreprises artisanales	Construction informelle
<i>Limiter le recours à des systèmes de rafraîchissement par une inertie thermique adaptée</i>	Le recours à la climatisation n'est pas possible dans le secteur de l'auto-construction, il faut donc bien concevoir les bâtiments pour obtenir un confort acceptable.			
<i>Développer les puits provençaux</i>	Un puits provençal est plus simple à mettre en place dans une construction neuve qu'en réhabilitation. Ce système étant coûteux il ne peut être mis en place que dans le secteur industriel.			

- **La climatisation**

A l'inverse d'un système de rafraîchissement, un système de climatisation :

- garantit la production de froid s'il est correctement dimensionné ;
- peut donc respecter une température de consigne.

- **La climatisation active**

L'utilisation de la climatisation active pose un problème car elle génère de fortes émissions de gaz à effet de serre : à la fois du fait de la consommation électrique qu'elle génère (souvent assurée à partir de pétrole ou de gaz naturel selon les pays dans des centrales à rendement souvent médiocre), du mauvais rendement des appareils, de la mauvaise étanchéité du circuit des gaz réfrigérants (dont le pouvoir réchauffant de certains est de l'ordre de 10 000 fois supérieur à celui du CO<sub>2</sub>), à une installation et maintenance non effectuée par des professionnels mais aussi, actuellement, à l'absence de système de recyclage des appareils usagés. Le mauvais rendement de la production électrique découle d'appels de puissance irréguliers dans le temps, alors qu'en même temps, il y a foisonnement entre les divers consommateurs (c'est-à-dire que tout le monde met les appareils en fonctionnement en même temps lors des heures les plus chaudes).

Le système le plus connu et le plus répandu de production de froid appliqué à la climatisation de bâtiments est le cycle à compression de vapeur. L'énergie utilisée pour alimenter le moteur du compresseur est presque toujours électrique. Les très bonnes performances des meilleurs appareils proposés résultent des progrès réalisés par des fabricants de compresseur ayant fortement investi en R & D, de l'optimisation des échangeurs et des moteurs tournant à vitesse variable. Ce système contient un fluide frigorigène.

Attention : la présence de climatisation active impose une bonne isolation (ce qui est rarement le cas), faute de quoi le système de climatisation doit fonctionner de façon excessive pour compenser l'entrée de chaleur. En outre, l'utilisation de climatiseurs est extrêmement fréquente dans des bâtiments avec d'importantes entrées d'air extérieur (voir avec des portes ou des fenêtres ouvertes).

- **La climatisation par évaporation**

Le principe de fonctionnement est d'utiliser le phénomène lié au changement d'état de l'eau. L'évaporation de l'eau nécessite une quantité proportionnelle à sa chaleur latente. Lorsque cette évaporation se produit dans un volume d'air, cette chaleur prélevée à l'air provoque l'abaissement de la température d'air. Ainsi, on obtient un refroidissement de la température « en échange » d'une augmentation du niveau d'humidité.

C'est ce processus qui explique la perception de froid que l'on ressent en sortant de la douche, suite à l'évaporation des gouttelettes d'eau sur le corps.

Toutefois, dans les zones arides il y a un faible gisement disponible en eau donc ce mode de climatisation n'est pas envisageable car l'eau est réservée prioritairement à d'autres usages.

- **Les pompes à chaleur**

Une pompe à chaleur sert à apporter des calories du milieu extérieur vers une habitation ou en enlever selon la température du logement. Alors, la pompe à chaleur fonctionne comme un climatiseur, puisqu'elle contribue à refroidir l'habitation en libérant les calories vers l'extérieur.

Il existe deux grands types de Pompes à Chaleur (PAC) :

- Les PAC géothermiques qui puisent les calories du sol ou de l'eau d'une nappe par l'intermédiaire d'un réseau de capteurs ou de forages,

- Les PAC aérothermiques qui les puisent directement dans l'air extérieur au logement.

On parle selon les cas de modèles **air/air**, **air/eau**, **sol/sol**, **sol/eau**, **eau/eau** ou **eau glycolée/eau**. Le premier terme désigne l'origine du prélèvement, le second le mode de distribution de la chaleur. Seule exception, la PAC eau glycolée/eau puise la chaleur dans le sol, avec des capteurs enterrés contenant de l'eau glycolée.

- Sol/sol : rafraîchissement possible avec des unités à détente directe ;
- Sol/eau : rafraîchissement possible avec des unités à détente directe ;
- Eau/eau : rafraîchissement possible et bien maîtrisé ;
- Air extérieur/eau : rafraîchissement possible et bien maîtrisé ;
- Air extérieur/air : rafraîchissement possible et bien maîtrisé ;
- Air extrait/air neuf : rafraîchissement possible et bien maîtrisé.

Les PAC puisant des calories à l'extérieur ne sont pas adéquates en Afrique car en journée l'air extérieur est plus chaud que l'air intérieur. Il faut mieux privilégier les trois premières solutions par géothermie.

- **La climatisation solaire**

La climatisation solaire regroupe plusieurs types de systèmes dans lesquels la production du froid se fait à partir de chaleur. La production de chaleur solaire s'effectue via des capteurs solaires. Le rafraîchissement solaire se différencie de la production d'eau chaude par le niveau élevé de température à laquelle la chaleur utile doit être fournie.

Il existe deux grands types de systèmes de production de froid à partir de chaleur : la dessiccation et la sorption (absorption et adsorption).

L'absorption est un phénomène de sorption qui consiste à lier une molécule absorbée à une autre, ce qui entraîne sa disparition par transformation ou modification chimique. Un système à absorption utilise les propriétés de couples liquide/gaz. Le liquide est l'absorbant, « avide » du gaz (l'absorbé). Le gaz est le fluide frigorigène. Le liquide absorbe le gaz à basse température (et basse pression) et le désorbe à plus haute température (haute pression).

L'adsorption est un phénomène de surface par lequel des molécules de gaz ou de liquides se fixent sur les surfaces solides des adsorbants. Dans le cas d'une simple adsorption, la molécule adsorbée n'est pas dégradée et demeure dans sa forme originelle, mais n'est plus en suspension dans le solvant. Un système à adsorption utilise la propriété d'un solide d'adsorber (piéger en surface) un gaz à basse température (20-30°C) et de le désorber à plus haute température (50-80°C).

Voici une description de ces systèmes :

- Le système à dessiccation (*dessicant cooling*) consiste à déshumidifier l'air extérieur pour pouvoir le refroidir ensuite par évaporation d'eau (c'est ce processus qui explique la perception de froid que l'on ressent en sortant de la douche, suite à l'évaporation des gouttelettes d'eau sur le corps). L'air extérieur passe dans une roue à dessiccation (roue tournante en nid d'abeille recouverte d'un dessiccateur, substance qui élimine l'eau) qui adsorbe la vapeur d'eau. L'adsorption d'eau s'accompagne d'un réchauffement de l'air.
- Celui-ci est refroidi dans un échangeur de chaleur par l'air intérieur préalablement refroidi par humidification. Ensuite, il est refroidi dans un humidificateur à eau liquide. La roue à dessiccation doit être régénérée par chauffage pour pouvoir libérer l'eau adsorbée. Dans le cas de la climatisation

solaire, la source d'énergie pour la régénération est donc le soleil. La déshumidification peut être aussi bien liquide que solide. La technologie la plus courante aujourd'hui utilise des roues à dessiccation, avec du silica-gel ou du chlorure de lithium comme matériau de sorption.

- Les machines frigorifiques à sorption avec ressource solaire :

- Les machines à absorption solaire utilisent un cycle d'absorption. Ce dernier fonctionne de la même manière que le cycle à compression : seul le compresseur mécanique est remplacé par un compresseur thermochimique, contenant un mélange de deux constituants : le réfrigérant et un solvant qui interagit très fortement avec le réfrigérant (en général, on utilise une solution de Bromure de Lithium). La compression mécanique est alors remplacée par la chaleur produite par les capteurs solaires qui, via un « générateur », permet au réfrigérant de se libérer sous forme de vapeur. Le refroidissement du condenseur nécessite en général une tour de refroidissement humide.

- Dans les machines à adsorption solaire, un matériau solide adsorbant est utilisé. La machine comprend deux compartiments remplis d'adsorbant, un évaporateur et un condenseur. L'adsorbant permet à l'eau de s'évaporer à basse pression. La chaleur solaire permet de régénérer l'adsorbant solaire. Les systèmes disponibles sur le marché utilisent l'eau comme réfrigérant et le silica-gel comme adsorbant.

- **La climatisation radiative**

Le refroidissement naturel par radiation s'appuie sur des traitements de texture et de couleur des parois extérieures à étudier au cas par cas. Le refroidissement est assuré par le bilan radiatif (infra-rouge) avec le ciel nocturne et n'est limité que par les échanges convectifs avec l'air ambiant (vent). Il utilise le ciel, l'espace (à 0 K) et la transparence de l'atmosphère aux ondes de chaleur pour évacuer cette dernière et produire du froid. Le matériau utilisé est un matériau sophistiqué, destiné à réfléchir l'énergie radiative du soleil dans le visible pour éviter l'échauffement et se rapprocher du comportement d'un corps noir dans le proche infra-rouge pour se refroidir.

Voici une liste d'actions réalisables sur cette cible avec leurs descriptions et les secteurs de la construction auxquels ces actions se rattachent :

Actions	Description	Construction industrialisée	Construction par des entreprises artisanales	Construction informelle
<i>Limiter le recours à la climatisation active</i>	L'utilisation de climatisation active augmente la consommation d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre, il faut donc limiter son usage.			
<i>Développer les pompes à chaleur</i>	En Afrique on favorise plutôt les PAC géothermiques. Ces systèmes étant coûteux et nécessitant la présence d'une nappe d'eau souterraine, on la préconise surtout pour le secteur industriel.			
<i>Développer la climatisation basse</i>	Il faut favoriser l'usage de la climatisation basse consommation en développant des programmes de			

<i>consommation</i>	diffusion d'appareils basse consommation et en sensibilisant les utilisateurs à un usage adapté à leurs besoins. Cette action concerne essentiellement le secteur industriel du bâtiment.			
<i>Développer la climatisation solaire</i>	La climatisation solaire, bien que complexe et onéreuse, est intéressante à utiliser parce qu'elle utilise une énergie renouvelable.			
<i>Développer la climatisation radiative</i>	Il existe des systèmes simples à mettre en œuvre et donc le seul élément coûteux est la peinture sélective.			
<i>Développer la climatisation par évaporation</i>	En climat chaud et sec, l'usage de la climatisation par évaporation permet de rafraîchir et d'humidifier l'air. Ce système nécessite d'avoir de l'eau disponible pour cet usage.			

✓ **Les divers usages domestiques et l'éclairage**

○ **Eau Chaude Sanitaire**

L'eau chaude sanitaire peut être produite, soit de manière centralisée pour l'usage de plusieurs logements, soit de manière individualisée pour chaque logement.

Pour la production d'Eau Chaude Sanitaire (ECS), on peut utiliser un combustible (pétrole, gaz, charbon, biomasse), de l'énergie électrique, ou utiliser un système solaire.

L'énergie solaire thermique transforme le rayonnement solaire en énergie thermique. La production de cette énergie peut être soit utilisée directement (pour chauffer un bâtiment par exemple) ou indirectement (comme la production de vapeur d'eau pour entraîner des alternateurs et ainsi obtenir une énergie électrique).

L'intensité du rayonnement solaire est irrégulière. Il est donc utile de disposer d'un ballon de stockage et d'un appoint :

- Un ballon pour stocker l'énergie lorsqu'elle est disponible et la restituer en fonction des besoins (sur une période de temps donnée) ;
- Un appoint pour disposer d'une source d'énergie complémentaire afin de fournir la totalité des besoins lorsque le stock thermique est épuisé et lorsque l'énergie solaire est insuffisante.

Néanmoins, dans les pays les plus chauds où les saisons sont peu marquées, des systèmes de capteurs solaires simplifiés (simple « moquette » sans vitrage et sans appoint) constituent un stade intermédiaire permettant de disposer de l'eau chaude à partir du solaire à un coût minimal.

Voici un exemple d'action réalisable sur cette cible avec sa description et les secteurs de la construction auxquels l'action se rattache :

Actions	Description	Construction industrialisée	Construction par des entreprises artisanales	Construction informelle
<i>Favoriser les chauffe-eau solaires</i>	L'usage de chauffe-eau solaire pour l'eau chaude sanitaire est intéressant car il permet d'utiliser une source d'énergie renouvelable.			

o **Les vitrages et les ouvertures**

Les ouvertures d'un bâtiment ont différentes fonctions :

- Laisser pénétrer la lumière ;
- Capter l'énergie du soleil ;
- Ventiler les espaces ;
- Dissiper la chaleur ;
- Permettre la vue vers l'extérieur et parfois l'intérieur ;
- Caractériser la façade ;
- Etre en contact avec l'environnement extérieur.

Mais aussi :

- Eviter l'éblouissement ;
- Protéger de l'ensoleillement ;
- Protéger de la poussière ;
- Arrêter l'intrusion des insectes ;
- Isoler du bruit ;
- Protéger du froid et de la chaleur ;
- Protéger des intempéries ;
- Protéger des effractions.

La taille des ouvertures et la présence ou non de vitrage jouent un rôle important pour l'apport de lumière et pour les risques de surchauffe. En pays tempérés un vitrage performant sert à conserver la chaleur à l'intérieur du bâtiment, alors qu'en pays tropicaux il sert à éviter les surchauffes.

• **En climat chaud et humide,**

Il n'est pas forcément nécessaire de mettre un vitrage sur les ouvertures. En effet, sans vitrage, l'air peut mieux circuler et cela améliore donc la ventilation. Cependant un vitrage permet de protéger l'intérieur des intempéries, des insectes, des intrusions. Le simple vitrage semble suffisant dans ce cas.

• **En climat chaud et sec**

On peut utiliser soit du simple soit du double vitrage selon les régions. Le vitrage est nécessaire pour limiter l'entrée de chaleur et protéger l'intérieur du bâtiment (surtout dans les régions soumises aux tempêtes de sable).

Voici une liste d'actions réalisables sur cette cible avec leurs descriptions et les secteurs de la construction auxquels ces actions se rattachent :

Actions	Description	Construction industrialisée	Construction par des entreprises artisanales	Construction informelle
<i>Dimensionnement et emplacement des ouvertures</i>	Les ouvertures sont nécessaires pour l'éclairage naturel et pour la ventilation mais elles sont une source de chaleur importante, il faut donc correctement les dimensionner et les positionner sur le bâtiment pour limiter cet apport.			
<i>Développement de vitrages absorbants, photochromes, électrochromes</i>	Ces types de vitrages permettent de limiter l'entrée du rayonnement solaire à l'intérieur du bâtiment. Ce sont des matériaux encore peu développés et donc chers.			

○ **La production d'énergie**

L'énergie la plus intéressante à utiliser en Afrique est l'énergie solaire et plus particulièrement le photovoltaïque pour la production d'électricité.

• **Le photovoltaïque**

La production d'électricité basée sur la conversion de la lumière du soleil (par des photopiles à base de silicium cristallin) est la voie la plus avancée sur le plan technologique et industriel. En effet, le silicium est l'un des éléments les plus abondants sur terre, parfaitement stable et non toxique. Il existe également des modules fabriqués à partir d'autres éléments que le silicium.

Dans le cas des bâtiments à énergie positive, la solution la plus intéressante est l'installation en toiture. Les systèmes de surimposition sont plus intéressants car d'un coût moins élevé que les systèmes intégrés au bâti qui utilisent des technologies plus complexes. Cependant cela nécessite de s'inquiéter de la tenue mécanique de la structure car les modules ajoutent un poids important ce qui n'est pas le cas avec les systèmes intégrés. Une autre solution est l'installation de modules au sol près des habitations, en milieu rural car cela demande de l'espace. Le choix est à voir également selon la taille de l'installation : pour une très petite installation (un module) l'installation en toiture est plus simple notamment au niveau du raccordement électrique mais pour une installation plus importante l'installation au sol est plus sûre.

La production d'électricité par panneaux photovoltaïques présente les caractéristiques suivantes :

- Le photovoltaïque constitue une technologie aujourd'hui encore coûteuse, ce qui en limite la diffusion en Afrique et rend le plus souvent nécessaire des soutiens financiers internationaux ;
- Le photovoltaïque constitue la seule technologie actuelle permettant la production d'un peu d'électricité en dehors de tout raccordement à un réseau ;

- Le photovoltaïque peut être raccordé au réseau et assurer un appoint en utilisant un onduleur dans les pays où la pointe de consommation d'électricité est soit en milieu de journée, soit en début de soirée ;
- Mais, la technologie photovoltaïque a devant elle de grands potentiels d'amélioration.

Voici un exemple d'action réalisable sur cette cible avec sa description et les secteurs de la construction auxquels l'action se rattache :

Actions	Description	Construction industrialisée	Construction par des entreprises artisanales	Construction informelle
<i>Modules photovoltaïques</i>	La production d'énergie décentralisée d'origine renouvelable est intéressante même si les modules photovoltaïques ont un coût élevé.			

○ **L'éclairage artificiel**

Le critère associé à la notion de basse consommation des lampes est l'efficacité lumineuse en lumens par watt (lm/W) qui exprime le rapport entre la quantité de lumière visible émise et la puissance électrique consommée.

Les principales lampes à basse consommation sont les lampes fluocompactes. Elles appartiennent à la famille des lampes à décharge « basse pression » dont font partie les tubes fluorescents. Ces lampes utilisent un tube de faible diamètre, replié sur lui-même, et un ballast électronique intégré. Leur durée de vie est 2 à 4 fois supérieure à celle des tubes fluorescents classiques. Même si cette efficacité lumineuse est légèrement inférieure à celle des tubes fluorescents classiques, le gain se traduit par une consommation 4 à 5 fois plus faible que celle de l'incandescence.

On remarque que les programmes de diffusion de lampes à basse consommation se développent de plus en plus en Afrique ce qui permet d'améliorer le confort des habitants. Il est nécessaire d'avoir des subventions des Etats pour permettre aux populations de profiter de ces technologies. La question de la diffusion en milieu rural est également importante. La diffusion de ces ampoules a déjà permis une diminution de la consommation électrique et donc de la facture électrique des populations dans certaines régions.

Une nouvelle technologie émerge actuellement, celle des diodes électroluminescentes (LED).

Voici une liste d'actions réalisables sur cette cible avec leurs descriptions et les secteurs de la construction auxquels ces actions se rattachent :

Actions	Description	Construction industrialisée	Construction par des entreprises artisanales	Construction informelle
<i>Diffusion de lampes basse consommation</i>	La diffusion de lampes basses consommations permet de diminuer la facture énergétique.			
<i>Tester l'usage des LED</i>	Les diodes électroluminescentes (LED) ont une durée de vie longue et vont fortement se développer dans le monde. Il est cependant nécessaire d'étudier leur comportement en climat chaud avant une importante diffusion.			

○ **Les appareils électroménagers**

• **Le froid**

En Afrique, seules les populations aisées ont accès à l'électricité et ont donc la possibilité de posséder un réfrigérateur. La plupart des réfrigérateurs qu'on trouve en Afrique sont des réfrigérateurs d'occasion et leur usage est très lourd pour les ménages : il représente à lui seul 50 à 60% de la consommation électrique totale d'un foyer.

- Le réfrigérateur basse consommation : ils sont moins gourmands en énergie mais plus chers que les appareils d'entrée de gamme.
- Le réfrigérateur à gaz ou à pétrole : il est avantageux lorsque l'électricité n'est pas disponible. Tous ces réfrigérateurs dégagent un peu de CO<sub>2</sub>, il est donc important de porter un soin tout particulier à l'aération de la pièce et à l'évacuation des gaz brûlés.
- Le réfrigérateur solaire : Il s'agit d'un système classique de réfrigérateur à compresseur, mais le *moteur* du compresseur est constitué, lui, sur la base d'un système Rankine (une source chaude – chauffée par un capteur héliothermique - hausse la température d'un gaz qui, passant à l'état de vapeur, augmente sensiblement la pression dans le circuit). Ce gaz va se recondenser dans une source froide (l'air ambiant, une source d'eau fraîche). Entre le chaud et le froid, le système de détente est un moteur à palettes qui est mû par la différence des pressions. C'est ce moteur à palettes qui fait tourner le compresseur du réfrigérateur. Il y a aussi les réfrigérateurs solaires à adsorption, 100% solaire thermique, qui convertissent directement la puissance calorifique du soleil en glace (solaire) pour maintenir les denrées au frais.

Voici un exemple d'action réalisable sur cette cible avec sa description et les secteurs de la construction auxquels l'action se rattache :

Actions	Description	Construction industrialisée	Construction par des entreprises artisanales	Construction informelle
<i>Appareils à basse consommation</i>	La diffusion d'appareils basse consommation permet de réduire la consommation d'énergie et la facture énergétique.			

○ **La cuisson**

La cuisson se fait essentiellement au bois de feu et au charbon de bois en Afrique, l'usage des cuisinières au gaz ou électrique étant marginal.

• ***La problématique du bois de feu***

Les consommations d'énergie et les émissions des ménages africains proviennent essentiellement de la cuisson. Le bois et le charbon de bois représentent 57% de l'énergie consommée en Afrique, et jusqu'à 90% de celle consommée dans le milieu rural d'Afrique subsaharienne. L'usage principal du bois de feu est la cuisson des aliments, pour les 2/3, puis l'eau chaude sanitaire.

La consommation est faite sous deux formes :

- le bois et d'autres formes de biomasse à la campagne ;
- le charbon de bois en ville.

Les matériels utilisés varient : prédominance de foyers traditionnels en terre en milieu rural et de foyers métalliques en milieu urbain. Les rendements calorifiques des foyers utilisés sont très faibles : de l'ordre de 10 à 15% pour les foyers à bois de feu, et de 20 à 25% pour les foyers à charbon de bois.

Les consommations d'énergie varient fortement en Afrique, selon le niveau de revenu, la localisation géographique et les conditions d'approvisionnement.

La production de charbon de bois se fait suivant un procédé traditionnel (carbonisation artisanale par combustion partielle directement au sol ou dans des meules en terre pétrie humide) au rendement moyen très faible - autour de 15%. La coupe de bois destinée à la cuisson des ménages est (hors forêt équatoriale) la principale cause de déforestation en Afrique, notamment autour des grandes villes. Elle est, par voie de conséquence, la principale cause de dégradation des sols.

Le ramassage du bois exige un temps considérable. Dans l'Afrique subsaharienne, les femmes transportent en moyenne 20 kg de bois de feu par jour sur cinq kilomètres et 90% de la population rurale doit aller ramasser son bois, contre 20% en milieu urbain qui s'approvisionne davantage en charbon de bois. L'utilisation de charbon de bois présente deux avantages : meilleure organisation logistique, meilleur rendement et moindre pollution à l'usage, moyennant un inconvénient majeur : un rendement général plus faible sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement.

De plus, l'utilisation du bois de feu a des répercussions sanitaires (développement de maladies respiratoires et d'infections oculaires) liées à la forte pollution en milieu confiné à l'intérieur des habitations sans ventilation.

Le niveau nutritionnel des ménages africains est fortement lié à la disponibilité et au coût du bois de feu. Dans certains endroits du Sahel, l'achat de cette denrée absorbe plus de la moitié du budget des familles.

La question de la gestion du bois de feu est donc primordiale en ce qu'elle est à la croisée de nombreuses problématiques : la question énergétique, la déforestation, le niveau de vie (lutte contre la pauvreté) et les pratiques sociales (lutte contre les discriminations entre les genres). Elle s'inscrit dans une démarche de développement durable dans ses trois dimensions économique, environnementale et sociale.

- **Les solutions potentielles**

- Augmentation de l'efficacité énergétique : Des améliorations simples apportées à la préparation du bois et à la forme du réchaud et du récipient de cuisson permettent de réduire de 70 % la consommation de bois. On peut remplacer les foyers ouverts par des foyers fermés concentrant la chaleur et évitant sa dispersion en pure perte dans l'atmosphère. Les nouveaux fours de carbonisation obtiennent de meilleurs rendements que les fours traditionnels pour la fabrication du charbon de bois.
- Energies de substitution : gaz butane, pétrole lampant, four solaire, etc.
- Gestion durable des ressources forestières : politiques de reboisement, surfaces boisées bien gérées pour répondre aux besoins de régions de densités assez fortes.

Voici une liste d'actions réalisables sur cette cible avec leurs descriptions et les secteurs de la construction auxquels ces actions se rattachent :

Actions	Description	Construction industrialisée	Construction par des entreprises artisanales	Construction informelle
<i>Promotion d'énergies de substitution comme le GPL</i>	La substitution du bois par d'autres énergies comme le GPL pour la cuisson permet de diminuer les émissions de gaz à effet de serre.			
<i>Programme de gestion durable des ressources forestières</i>	La gestion des ressources forestières permet d'endiguer la déforestation due à l'utilisation massive du bois de feu et du charbon de bois pour la cuisson.			
<i>Diffusion de foyers améliorés</i>	La diffusion de foyers améliorés aux ménages permet d'améliorer le rendement de la cuisson et donc de diminuer la quantité de bois nécessaire.			

✓ **Les modes de vie associés aux bâtiments à faible niveau d'émission de gaz à effet de serre, le comportement des occupants**

Le comportement des occupants influe sur l'efficacité des installations, il est donc important de sensibiliser les occupants aux économies d'énergie.

○ **L'exemple de la climatisation**

La façon dont on utilise un appareil de climatisation active influe sur sa durée de vie et sa consommation. En effet, les appareils sont conçus pour rafraîchir un certain volume dans certaines conditions et ils sont moins efficaces si ces conditions ne sont pas respectées et donc consomment plus d'énergie. Par exemple, il ne sert à rien d'utiliser un climatiseur si une fenêtre ou une porte est ouverte.

Il faut également s'interroger sur les pièces à climatiser et sur la durée de climatisation. Il est intéressant d'allumer la climatisation en début de nuit pour rafraîchir le bâtiment suite à la chaleur emmagasinée dans la journée. Il ne sert à rien de climatiser une pièce inoccupée. L'entretien de l'appareil, par un professionnel, est aussi important pour garantir des performances stabilisées.

Voici un exemple d'action réalisable sur cette cible avec sa description et les secteurs de la construction auxquels l'action se rattache :

Actions	Description	Construction industrialisée	Construction par des entreprises artisanales	Construction informelle
<i>Campagnes de sensibilisation</i>	Il est important de sensibiliser aussi bien les constructeurs que les habitants des bâtiments aux économies d'énergie.			

✓ **Les difficultés rencontrées dans les différents pays pour ce qui concerne la construction neuve**

○ **Les barrières institutionnelles**

La première difficulté que l'on peut rencontrer est d'ordre institutionnel. La volonté de fabriquer des bâtiments économes en énergie doit venir de l'Etat et nécessite une forte implication de ses institutions. Il est donc nécessaire de mettre en place au sein des administrations compétentes des organes institutionnels chargés du sujet et de mettre en place un cadre institutionnel, politique et financier. Il faut ensuite s'assurer de la bonne application des décisions.

○ **Les barrières techniques**

L'évolution des technologies et les changements continus des pratiques professionnelles en matière de construction posent souvent problème. Pour cela il faut former les opérateurs (architectes, ingénieurs, techniciens...) aux techniques de conception, de construction, de réhabilitation, d'exploitation et de maintenance de bâtiments économes en énergie, mais également mettre en place les capacités requises au sein des administrations compétentes.

○ **Les barrières méthodologiques**

Il ne suffit pas d'avoir les capacités techniques dans le pays ou la région, encore faut-il adopter une méthodologie cohérente susceptible de conduire rapidement aux résultats

attendus par les pouvoirs publics. Il faut tout d'abord établir la « ligne de base » des pratiques actuelles de construction dans le pays puis réaliser une étude du climat du pays et établir des zones climatiques cohérentes (par exemple à partir de degrés-jours de chauffage et de climatisation). Ensuite, on réalise des enquêtes de marché et des études technico-économiques qui permettraient de comparer le surcoût de chaque disposition possible avec les économies générées à moyen et long termes. Il est également important de mettre en place un code d'efficacité énergétique pour les bâtiments neufs puis pour la réhabilitation (on peut pour cela s'inspirer des codes de construction déjà existants dans d'autres pays aux caractéristiques proches).

- **Les barrières financières**

Mettre en place un programme de bâtiments à énergie positive suppose des moyens énormes que la plupart des pays, notamment ceux en développement, ne peuvent mobiliser. Même lorsque l'organisation institutionnelle existe, il est donc important de penser à mettre en place des mesures d'incitations financières pour favoriser la mise en oeuvre des dispositions réglementaires par les acteurs du marché : maîtres d'ouvrages publics et privés ; professionnels de la construction ; équipementiers, etc. Il est important de noter que la construction d'un bâtiment à énergie positive nécessite un investissement important à la construction mais que les économies d'énergie résultantes font que sur la durée de vie totale du bâtiment le coût total (construction et consommation) est moins élevé pour un bâtiment à énergie positive que pour un bâtiment « classique ».

- **Les barrières informationnelles**

Dans certains pays, la mise en place de ce type de programme se heurte aussi au manque d'informations pertinentes et à l'absence d'un cadre de communication/information/ sensibilisation qui puisse assurer une meilleure adhésion des différents acteurs concernés : administrations publiques, institutions de recherche, universitaires, compagnies d'électricité, industriels, associations professionnelles, etc. Pour vaincre cette barrière, il faut mettre en place des plans de consultation du public et adopter un programme de sensibilisation sur l'efficacité énergétique avec une composante orientée vers les professionnels du secteur de la construction, de l'équipement technique et de la gestion des bâtiments.

- **Les barrières sociales et culturelles**

Les barrières sociales et culturelles sont propres à chaque pays. Il est important de les identifier pour pouvoir les vaincre essentiellement par la concertation avec les populations.

## 2.4 - Les réponses techniques possibles à apporter dans la réhabilitation des bâtiments existants

Dans les pays en développement à forte croissance démographique, la réhabilitation des bâtiments anciens représente un enjeu de bien moindre importance que celui de la construction neuve.

Cette réhabilitation, particulièrement nécessaire dans les bâtiments publics, visera à assurer à la fois une mise aux normes, une amélioration du confort en cas de forte chaleur et également une réduction des dépenses de climatisation. Il faudra également, autant que possible, adapter les technologies développées dans le bâtiment neuf pour la reprise progressive du parc bâti ancien. Les solutions techniques à disposition sont sensiblement les mêmes que dans le cas de la construction neuve. La mise en place est cependant plus difficile étant donné que ce sont des bâtiments déjà construits et qui peuvent être occupés. De plus, les performances obtenues seront généralement moindres.

Ci-dessous une liste d'actions de réhabilitation avec leur description et les secteurs de la construction auxquels ces actions se rattachent :

Actions	Description	Construction industrialisée	Construction par des entreprises artisanales	Construction informelle
<i>Bâtiments climatisés</i>	Il faut remplacer les appareils anciens et communiquer sur une meilleure utilisation.			
<i>Renforcement de l'isolation</i>	Le renforcement de l'isolation permet d'améliorer le confort à l'intérieur des bâtiments.			
<i>Installations de protections solaires</i>	L'installation de protections solaires permet de limiter les surchauffes à l'intérieur des bâtiments.			
<i>Mise en place de chauffe-eau solaires</i>	Installation de chauffe-eau solaires pour améliorer le confort des populations ou remplacement des chauffe-eau électriques.			
<i>Amélioration des systèmes de cuisson</i>	Les actions possibles sont les mêmes que dans la construction neuve.			
<i>Campagnes de sensibilisation</i>	Il est important de sensibiliser les populations aux économies d'énergie.			

### **3 - Intervention dans les bâtiments : les mécanismes internationaux d'aide au développement et de lutte contre le changement climatique**

On abordera dans cette partie :

- Les spécificités du secteur des bâtiments au plan du montage de projets vis-à-vis de l'aide internationale ;
- La prise en compte actuelle de la question des bâtiments dans les dispositifs d'aide proposés aux pays en développement par la négociation climat (notamment le mécanisme de développement propre) ;
- Et plus généralement, le rôle joué par les différentes formes d'aide et d'investissement dans les pays en développement ;

#### **3.1 - Les critères à satisfaire par les mécanismes internationaux pour le soutien aux actions dans le secteur des bâtiments**

Le secteur des bâtiments présente des spécificités à prendre en compte par les mécanismes d'aide :

- Les réalisations concernées portent sur un nombre considérable de projets de faible ampleur financière, avec des maîtres d'ouvrage à la fois nombreux et différents. Cette « granulométrie » très fine des projets s'avère un handicap vis-à-vis de l'obtention de crédits internationaux qui privilégient des projets peu nombreux et de grande taille pour réduire les coûts d'instruction et de gestion.
- Les technologies présentent des caractéristiques génériques largement communes notamment au plan de leurs nécessités de mise en œuvre. Cela permet un effet de série. Celui-ci doit être pris en compte dès lors qu'il peut y avoir une instruction technique approfondie.
- Les financements ne peuvent qu'être multiples, associant l'épargne locale drainée par le secteur bancaire, des soutiens publics nationaux (par exemple la construction sur financements publics de logements sociaux) et des financements internationaux permettant un effet de levier et jouant un rôle d'appoint sécurisant les emprunts.

De ce qui précède, il résulte deux grands types de configuration de projets à soutenir :

- Premier cas, les mécanismes d'aide doivent soutenir le financement de programmes nationaux complets intégrant de multiples opérations individuelles, notamment la diffusion d'appareils en grands nombres (en calculant alors les réductions d'émissions induites par multiplication des gains unitaires par le nombre d'appareils diffusés). Cette méthode est adéquate pour la diffusion de lampes à basse consommation, mais aussi de capteurs solaires pour la production d'eau chaude ou encore de foyers améliorés pour la cuisson.
- Second cas, les projets doivent également intégrer des programmes complets de construction neuve de logements ou de bâtiments tertiaires diversifiés mais intégrant pour partie des projets sur des cas types répertoriés et construits en série. Il faut alors calculer les réductions d'émissions attendues et le coût global du programme. Pour cela, les données décrivant les technologies et leurs coûts, ainsi que les modes de calcul doivent être fournis et faire l'objet d'un agrément de la part des financeurs pressentis.

Il est ensuite utile d'examiner comment peuvent être pris en compte des projets relevant de l'une ou l'autre des deux catégories précédentes.

### **3.2 - Les formes classiques d'intervention publique vers les pays en développement**

Différents bailleurs de fonds peuvent potentiellement intervenir dans le secteur du bâtiment, selon les niveaux de rentabilité des projets : les fonds multilatéraux (la Banque mondiale, le Fonds de l'Environnement Mondial...), les coopérations bilatérales (l'Agence française de développement, la GTZ allemande, la Banque européenne d'investissement, le Fonds nordique...). Un certain nombre d'outils financiers propres au continent africain (la Banque ouest-africaine de développement, les budgets des Etats, les banques publiques et privées) sont les partenaires vis-à-vis desquels ces financements internationaux ne peuvent être que complémentaires.

Pourtant, ces formes classiques d'aide internationale au développement et à l'investissement ont jusqu'à présent peu bénéficié au secteur du bâtiment, notamment le logement. Son financement est essentiellement assuré par les Etats et les banques nationales privées et publiques. Les rares projets retenus au plan international concernent le financement au cas par cas de grands équipements (tertiaire public, hôpitaux, aéroports...).

Plus étonnant, les investissements dans le domaine de la production d'énergie ont fait l'objet de très peu d'interventions par les organismes multilatéraux et bilatéraux. D'ailleurs, l'accès à l'énergie n'avait pas été retenu parmi les Objectifs de Développement du Millénaire. En général la question de l'énergie est très faiblement prise en compte dans ces projets.

#### **● L'Aide Publique au Développement**

Il s'agit des interventions des banques de développement (banques régionales de développement, banques nationales spécialisées (AFD, GTZ, USAID, EuropeAid...). Elles constituent l'épine dorsale des contributions financières des pays industrialisés.

Faite sous forme de dons et de prêts préférentiels prévus au budget des Etats et transférés des pays développés aux pays en développement, l'APD, qui est actuellement de 0,3% du PIB des Etats, devrait atteindre 0,7% en 2015. Cette forme de financement n'est pas directement reliée aux mécanismes de la négociation climatique, mais les différentes formes de coopération multilatérales et bilatérales tendent à accorder une place croissante aux projets permettant une réduction des émissions de gaz à effet de serre dans les pays en développement.

L'aide publique au développement des pays africains pourrait être fortement réorientée vers l'amélioration des compétences, des techniques et procédés de construction des bâtiments d'habitation et vers les problématiques urbaines.

#### **● Les coopérations décentralisées entre communes ou régions du Nord et du Sud**

Le niveau communal est décisif dans ce secteur des bâtiments, puisque c'est à ce niveau que s'effectue la mise en œuvre. Des coopérations décentralisées entre collectivités locales du nord et du sud sont déjà actives dans les domaines ici étudiés : la promotion des foyers améliorés, la construction publique, l'urbanisme. La maîtrise de l'énergie, la promotion des énergies renouvelables, l'environnement et maintenant la lutte contre le changement climatique sont des domaines parmi lesquels ces coopérations horizontales se développent fortement.

## **● Les Partenariats Public-Privé**

Il existe dans le secteur du bâtiment de nombreuses possibilités de partenariats public-privé, seuls capables de drainer les importants flux d'investissements nécessaires. Ces partenariats ont jusqu'à présent concerné essentiellement les grands programmes de construction publique, de logement social et de tourisme. Ces programmes sont pour l'essentiel construits sur la base de partenariats entre grandes banques avec des soutiens publics (nationaux et locaux). Ils ne sollicitent guère de financements internationaux notamment dans la mesure où ces programmes de construction sont rarement liés à des innovations dans les champs de l'énergie ou du climat. L'utilisation de ce mode de financement a été à ce jour peu développé en Afrique. Ce type de partenaire pourra jouer un rôle d'intermédiaire vis-à-vis de différents types de concours financiers complémentaires.

## **● La mise en place de sociétés de services énergétiques**

L'une des voies envisagées pour développer des projets d'efficacité énergétique consiste à mettre en place des entreprises de services énergétiques (ESCO's) qui financent les investissements d'économie d'énergie ou de mise en œuvre des énergies renouvelables et qui se rémunèrent sur les gains financiers réalisés par rapport à une solution de référence. Les champs d'application ont jusqu'à présent concerné les plus simples applications : la diffusion de lampes basse consommation et de capteurs solaires utilisés pour la production d'eau chaude.

### **3.3 - Les instruments proposés par la négociation climatique (Convention de Rio et Protocole de Kyoto) et leur application aux bâtiments**

Trois « mécanismes de flexibilité » ont été mis en place dans le cadre du Protocole de Kyoto :

- Le système du « cap and trade », et les marchés internationaux de droits d'émission,
- Deux mécanismes de projet :
  - la Mise en œuvre conjointe (MOC),
  - le Mécanisme de développement propre (MDP).

C'est ce dernier, dont les règles ont été fixées lors de l'accord de Marrakech de 2001, qui avait vocation à être le plus bénéfique aux pays en développement puisqu'étant le seul mécanisme touchant directement aux relations Nord/Sud.

Les mécanismes de projet (MOC et MDP) mis en place dans la négociation climat concernant la réduction des émissions de gaz à effet de serre procèdent d'une démarche commune : il s'agit de favoriser l'investissement en prenant pour base une estimation précise des émissions réduites, en leur associant une valeur du carbone (fixée *a priori* ou par le marché), et ce projet par projet.

Ce souci de cohérence et de gestion équitable des financements a induit en pratique de nombreuses difficultés :

- lourdeur et lenteur des procédures d'instruction,
- très faible nombre de projets qui achèvent avec succès la totalité de ce parcours,

- effet d'éviction de tout projet trop complexe, car étant, par exemple, constitué d'une multitude de réalisations individuelles.

## ● **Le Mécanisme de Développement Propre**

### ○ **Les objectifs du MDP**

Le MDP a originellement une vocation double :

- Réduire le coût de mise en œuvre des engagements de réduction des pays industrialisés en finançant ou en réalisant des projets de réduction des émissions peu coûteux dans les pays en développement ;
- Mettre en place des projets contribuant au développement durable des pays en développement et facilitant le transfert de technologies.

Le MDP se veut donc un mécanisme « win-win », chaque partie devant y trouver un avantage : l'investisseur qui reçoit en échange de son investissement des URCE (Unités de Réduction Certifiées des Emissions) qu'il peut valoriser financièrement par une revente à une entreprise ou à un Etat sur qui pèse des obligations de réduction, et le pays hôte qui accueille une nouvelle technologie et avance sur la voie de son développement durable.

### ○ **Le principe du MDP**

Il est simple : un Etat ou une entreprise de l'Annexe I investit dans un projet de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans un pays en voie de développement. En échange des réductions de gaz à effet de serre constatées, un volume équivalent URCE lui est délivré. Cet investisseur pourra vendre ces unités sur le marché du carbone ou les déduire de ses obligations de réduction fixée dans le cadre d'un pays industrialisé (en pratique, essentiellement le système européen d'échanges de quotas d'émissions auquel sont soumis les grandes branches industrielles et les installations de combustion de forte puissance). Les réductions d'émissions sont alors calculées par comparaison avec ce qu'aurait induit un projet selon les techniques habituelles (principe d'additionnalité)

### ○ **Les conditions d'accès au MDP**

Quatre conditions doivent être respectées pour qu'un projet soit éligible au MDP :

- les deux Etats (investisseur et hôte) doivent avoir ratifié le Protocole de Kyoto ;
- le projet doit contribuer au développement durable du pays hôte ;
- le projet doit avoir été approuvé préalablement par les autorités du pays hôte ;
- le projet doit être additionnel tant au niveau financier qu'environnemental c'est-à-dire permettre des réductions d'émissions qui n'auraient pas été réalisées sans le mécanisme MDP.

### ○ **Les projets et secteurs éligibles au MDP**

Les secteurs concernés par des projets MDP sont : l'énergie, le traitement des déchets, l'industrie, le secteur résidentiel et tertiaire, les transports, l'agriculture et le secteur forestier. Ces projets peuvent prendre la forme de projets d'économie d'énergie, de changement de combustible, de recours aux énergies renouvelables ou encore d'accroissement des « puits de carbone » (pour le secteur forestier).

Il existe deux restrictions principales à l'utilisation de ce mécanisme : l'interdiction du nucléaire et la limitation de l'utilisation des « puits de carbone » dans le cadre du MDP à 1% des émissions de GES de 1990 des pays industrialisés, chaque année, entre 2008 et 2012.

○ **L'Afrique a peu bénéficié du MDP**

Malgré la vocation initiale du mécanisme, les pays les plus dans le besoin n'ont dans les faits que très peu bénéficié de ce mécanisme. Ainsi, quatre ans après sa mise en place, seulement 28 des 1 596 projets MDP enregistrés par l'instance internationale de sélection des projets MDP étaient localisés en Afrique (à peine 2%), alors que la Chine, l'Inde, le Brésil, la Corée et le Mexique représentent 84% de la totalité des crédits générés, dont 53% pour la Chine seule.

Ces 28 projets africains ne concernent que huit pays : Egypte, Kenya, Maroc, Afrique du Sud, Ouganda et Tanzanie, sachant que 15 projets ont été réalisés en Afrique du Sud.

Ce déséquilibre tient au fait que :

- le MDP est un mécanisme complexe, régi par des procédures administratives lourdes ;
- le MDP est principalement orienté vers les projets de grande ampleur, à rentabilité rapide ;
- les coûts de transaction de ces mécanismes sont très élevés. Ils constituent des charges importantes pour les pays et surtout pour le secteur privé. Ils sont donc dissuasifs en dehors des grandes opérations industrielles.

L'insuffisance de capacité de montage de projets, le faible nombre d'opérations de taille industrielle suffisante, le manque de stabilité institutionnelle, la faible sécurité juridique des pays africains les entravent donc dans leur accès au MDP.

○ **Le MDP programmatique**

Depuis la CdP de Bali en 2007, il est possible d'enregistrer et mettre en œuvre des « programmes » de projets MDP. Ceci permet de réduire les coûts de transaction marginaux, et d'atteindre les petites entreprises et les ménages. Le champ d'action du MDP en est donc élargi, et plus efficace, puisqu'il permet d'agir sur plusieurs fronts et de réaliser des transformations systémiques sur l'ensemble d'un secteur, d'une région ou d'un pays.

Cependant, la définition de « programme d'activités-projets » (PoA) reste encore très floue. Doit-elle se définir par son échelle, par son objectif unique, par sa technologie unique ou par le nombre de projets seulement ? La décision 4/CMP.1 ne précise pas les critères d'éligibilité du PoA au MDP. Les procédures sont très similaires pour le MDP programmatique et pour le MDP projet : les PoA peuvent être enregistrés sous la forme d'un seul projet-activité. Les mêmes méthodologies de comptabilisation des émissions s'appliquent aux activités-projets et aux programmes. A la différence d'un groupement de projets prédéfinis (« bundle ») et relativement indépendants, le programme est une entité dont les composantes internes ne sont pas clairement délimitées et peuvent évoluer avec la mise en œuvre.

Dans une présentation, l'UNFCCC donne des exemples de programmes d'activités-projets dans le secteur de l'énergie :

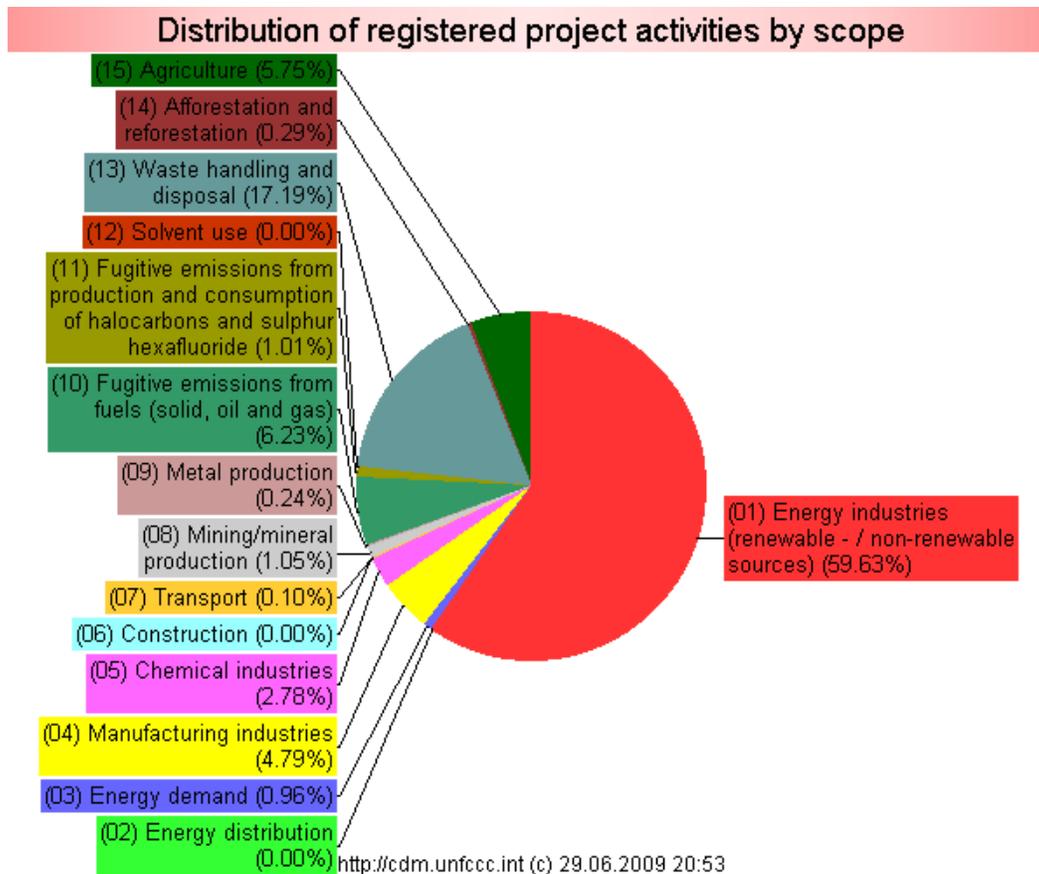
- a) un programme d'incitation à la rénovation de vieux équipements (pompes à chaleurs, moteurs) et la réhabilitation de bâtiments anciens,
- b) un programme de transformation d'un marché : baisse des tarifs sur les options les plus efficaces électriquement, mise en place d'une réglementation nouvelle (code de la construction, inspections, étiquettes énergie).
- c) un prêt à taux très faible pour investir dans l'énergie renouvelable (par exemple, l'achat d'un chauffe-eau solaire par un individu)

d) programme d'étiquetage efficacité énergétique pour des équipements électriques.

En Inde par exemple, un programme a été enregistré et validé par le comité du MDP fin 2007 pour accélérer le remplacement des liquides refroidissants CFC par des liquides HFC. Remarque : Les CFC faisant l'objet d'une autre convention (Montréal), seules les réductions d'émissions de CO<sub>2</sub> seront certifiées.

o **Le secteur des bâtiments a très peu bénéficié du MDP**

Les coûts de réduction des émissions du dioxyde de carbone varient fortement d'un secteur à l'autre. Les activités ayant bénéficié du MDP sont donc les filières caractérisées par des projets à la fois de grande dimension et rentables (secteurs industriels, décharges d'ordures ménagères, usines de production de gaz fluorés) au détriment des projets d'efficacité énergétique, d'énergies renouvelables (hors éolien et hydraulique) et de transport, qui engendrent peu de crédits et nécessitent des investissements importants ou morcelés et/ou peu rentables.



Source : <http://cdm.unfccc.int/Statistics/Registration/RegisteredProjByScopePieChart.html>

Sectoral Scope*	Registered Projects
(01) Energy industries (renewable - / non-renewable sources)	1245
(02) Energy distribution	0
(03) Energy demand	20
(04) Manufacturing industries	100
(05) Chemical industries	58
(06) Construction	0
(07) Transport	2
(08) Mining/mineral production	22
(09) Metal production	5
(10) Fugitive emissions from fuels (solid, oil and gas)	130
(11) Fugitive emissions from production and consumption of halocarbons and sulphur hexafluoride	21
(12) Solvent use	0
(13) Waste handling and disposal	359
(14) Afforestation and reforestation	6
(15) Agriculture	120

\* Note that a project activity can be linked to more than one sectoral scope

En Afrique, un seul projet a directement concerné les bâtiments<sup>1</sup>. Ce projet, réalisé en Afrique du Sud, a visé trois types d'intervention simples par foyer permettant à la fois des bénéfices économiques pour les ménages et des bénéfices environnementaux tout en améliorant le confort :

- L'isolation des plafonds permettant une réduction des amplitudes de température (journalières et saisonnières), ainsi qu'une réduction de la

---

<sup>1</sup> Projet MDP « Kuyasa low-cost urban housing energy upgrade project », Khayelitsha, (Cape Town, South Africa). Ce projet, débuté en juin 2005 doit s'étendre sur 21 ans. Ce projet a été entièrement financé par de l'argent public sud-africain.

consommation d'énergie par rapport à un recours à la climatisation (qui utiliserait de plus de l'électricité produite à partir de charbon).

- L'installation de capteurs solaires permettant une réduction de la demande en électricité par rapport à des chauffe-eau électriques.
- La mise en place d'éclairages à basse consommation.

Néanmoins, le fait que très peu de projets MDP concernent le secteur des bâtiments n'est pas propre à l'Afrique : seule la Chine a développé des projets MDP de ce type. Cela confirme le fait qu'un mécanisme international d'aide projet par projet est impropre au soutien d'opérations nombreuses et diffuses comme dans la construction neuve.

Une extension de ce mécanisme est donc indispensable, afin de pouvoir couvrir des programmes entiers de construction et ne plus se contenter de projets individuels.

Ainsi afin de pouvoir développer des programmes de construction de bâtiments à énergie positive, les pays africains devront obtenir une prise en charge globale de leurs programmes de construction à l'échelle d'un secteur ou d'un pays. Ces projets doivent être encouragés, notamment car ils présentent peu de difficultés technologiques, qu'ils génèrent des surcoûts généralement connus et stables, et qu'ils peuvent, moyennant un accompagnement de formation, être réalisés par les entreprises locales.

On peut par exemple envisager des programmes MDP :

- de réduction de l'utilisation de bois de feu,
- de construction neuve de bâtiments performants,
- de réhabilitation des bâtiments anciens visant la mise aux normes, l'amélioration du confort de vie, la limitation (ou l'optimisation) du recours à la climatisation,
- de diffusion d'éclairages et d'équipements ménagers performants.

○ **La gestion des déchets**

L'accumulation incontrôlée des déchets ménagers et municipaux directement dans les aires urbaines est une des caractéristiques du continent africain. Faute d'être organisée sur des terrains propices, elle génère une forte pollution des eaux et entraîne des impacts sanitaires particulièrement néfastes pour les populations voisines.

De nombreux projets MDP (environ 1/5) ont été élaborés afin de lutter contre ce phénomène, consistant notamment à valoriser le méthane naturellement produit par la fermentation des déchets en décharge. Cela permet d'éviter l'émission de méthane dans l'atmosphère et de produire de l'électricité dans des villes qui en ont particulièrement besoin.

Plusieurs projets de ce type ont été mis en œuvre en Afrique : en Côte d'Ivoire, en Egypte, en Afrique du Sud, ou encore en Tunisie.

**Projets liés à la gestion des déchets ayant bénéficié du MDP en Afrique :**

- Abidjan municipal solid waste to energy project
- Waste gas-based cogeneration project at Alexandria
- Onyx Alexandria landfill gas capture and flaming project
- Omnia fertilizerlimited nitrous oxide reduce project (South Africa)
- Durban landfill gas to electricity project
- Landfill gas recovery and flaming for 9 bundled landfill in Tunisia

## **Les NAPAs (National Adaptation Programmes of Action)**

Le concept de NAPA (PANA en français), instauré par le Protocole de Kyoto, avait pour principal objectif d'identifier les vulnérabilités et les besoins d'adaptation prioritaires des pays en développement pour pouvoir ensuite leur apporter le soutien indispensable via le Fonds d'adaptation.

Ce fonds, créé en 2001 par les accords de Bonn et Marrakech, a pour objectif d'aider les pays en développement les plus vulnérables à prendre des mesures pour limiter l'ampleur des catastrophes liées au changement climatique. Ses modalités de gestion ont fait l'objet de désaccords entre les pays industrialisés souhaitant que la gestion soit confiée au « Fonds de l'environnement mondial » où ils disposent de facto d'une voix prépondérante et les pays en développement souhaitant contrôler la nouvelle institution. L'accord conclu à Bali en 2007 a satisfait les exigences des pays en voie de développement, notamment en leur donnant un rôle prépondérant dans le conseil d'administration de la nouvelle institution.

Le Fonds est à la fois alimenté par les contributions volontaires et par un prélèvement de 2% sur les crédits d'émission générés par le MDP.

L'élaboration d'un NAPA est jusqu'à présent requise seulement pour les Pays les moins avancés dans la perspective de soutenir leurs actions d'adaptation par un financement obtenu à partir du Fonds d'adaptation du protocole de Kyoto. Pourtant, leur généralisation est maintenant proposée car elle permettrait de mieux cerner les besoins réels des pays en matière d'adaptation et de coordonner les efforts.

### **o Une préparation des NAPAs jusqu'à présent peu suivie d'investissements**

Bien qu'une grande partie des pays aient élaboré leur NAPA, souvent avec le soutien technique du United Nations Institute for Training And Research et le soutien financier du Fonds pour l'Environnement Mondial, ceux-ci ont été très peu suivis de réalisations pratiques. Cela découle du fait à la fois du retard dans la mise en place opérationnelle de ce fonds et faute de contribution financière volontaire suffisante de la part des pays industrialisés.

Aucun projet d'adaptation concernant directement le secteur des bâtiments n'a bénéficié du Fonds d'adaptation jusqu'à présent.

Les besoins de financement concernant spécifiquement l'adaptation visent particulièrement l'urbanisme et la gestion des collectivités locales : la protection contre la montée des eaux pour les villes littorales, la réduction de l'exposition aux inondations, la gestion des périodes caniculaires, les situations d'événements climatiques extrêmes (tempêtes...).

### **o Les enseignements à en tirer**

Les enseignements à tirer sont nettement différents de ceux concernant le MDP. Le problème ici n'est pas l'insuffisance de projets, même si les NAPAs élaborés par les pays africains consistaient davantage en une typologie des actions à conduire qu'une élaboration détaillée de projets suffisamment avancés pour être directement finançables. L'obstacle rencontré a surtout été d'une part que le fonds d'adaptation n'a pas recueilli de la part des pays industrialisés les financements attendus et, d'autre part, que les modalités de gestion n'ont été finalisées que très tardivement.

## **Les TNA (Technology Needs Assessment on climate change)**

L'élaboration de TNAs, décidée lors de la Conférence de Marrakech, a pour objectif l'identification et l'évaluation des besoins prioritaires en matière de technologies à mettre en œuvre pour l'atténuation et l'adaptation dans les pays en développement. L'élaboration des TNAs par les pays constitue le point de départ de la négociation sur les transferts de technologies. Celle-ci va constituer un des chapitres majeurs de la négociation de Copenhague.

### **3.4 – Les nouveaux modes d'intervention envisagés dans le nouveau régime climatique**

#### **● Les projets « REDD+ » (réduction d'émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts et développement du stockage du carbone)**

Dans le cadre de la négociation internationale, les pays s'accordent maintenant sur l'importance de la question de la déforestation qui est responsable, sous ses différentes formes, d'environ un cinquième des émissions totales de dioxyde de carbone. Lors de la conférence de Montréal en 2005, la proposition a été faite (par la Papouasie-Nouvelle Guinée) d'introduire dans le futur régime post-2012 un nouveau mécanisme permettant de lutter contre la déforestation. Depuis, le mécanisme REDD a pris forme au fil des négociations.

Son principe consiste en un soutien financier des pays agissant en faveur de la protection des forêts et luttant contre la déforestation et la dégradation des forêts. L'objectif premier initial du REDD était la réduction des émissions uniquement issues de la déforestation (RED). Après avoir milité pour un élargissement vers un mécanisme REDD (qui inclut la dégradation des forêts), certains pays souhaitent mettre en place un mécanisme REDD+, incluant la gestion durable de la forêt et l'amélioration des capacités de stockage du carbone.

La déforestation a quatre causes principales :

- L'exploitation des forêts pour en tirer des bois nobles essentiellement destinés à l'exportation ;
- La production de bois d'œuvre en grande partie pour les besoins de la construction locale ;
- Le défrichement de parcelles par culture sur brûlis dans les régions manquant de terres cultivables ;
- La collecte de bois de feu pour la cuisson.

Le mécanisme REDD+ devra également être associé à une nécessaire lutte contre la pauvreté pour enrayer les deux dernières causes de déforestation.

#### **○ Le bois de feu**

Les actions de réductions des émissions de GES issus de la consommation du bois de feu par les ménages pourraient donc être soutenues par le mécanisme REDD, en ce qu'elles permettraient dans le même temps de réduire la déforestation et de limiter la consommation de combustibles ligneux. Les programmes de diffusion de foyers améliorés seront particulièrement utiles en Afrique.

## **Les NAMAs (Nationally Appropriate Mitigation Actions)**

Le concept de NAMAs a été retenu comme possible nouvel instrument d'intervention en faveur des pays en développement dans le rapport du président du groupe de travail spécial sur les actions à long terme (AWG-LCA) de la session de mars 2009, à Bonn.

Ce concept recouvre un nouveau mécanisme qui serait fondé sur les principes généraux suivants :

- Prendre la forme pour les pays en développement de contributions volontaires, donc sans aucun caractère contraignant ;
- Permettre la conception d'actions de la part des pays en développement en dépassant la logique de projet opérationnel unitaire ;
- Ouvrir la voie à l'octroi de financements internationaux pour contribuer au financement de ces actions ;
- Pouvoir tenir compte des spécificités des différents pays notamment leur stade effectif de développement ;
- Rendre possible une prise en compte de ces efforts réalisés par les pays en développement comme constituant une contribution effective à la lutte contre le changement climatique.

Ce concept présente l'avantage de pouvoir :

- Concerner tous les pays non-annexe 1 (des pays émergents aux pays en développement les moins avancés),
- D'être souple, adaptable pays par pays,
- De pouvoir offrir une géométrie variable, concernant à la fois des actions précisément définies mais permettant également d'enregistrer un Plan national de lutte contre le changement climatique,
- De rendre possible des financements par tranche successive à mesure que les actions auront été définies et auront fait l'objet de toutes les études préalables nécessaires.

Les NAMAs procureraient aux pays industrialisés :

- Un cadre concret de soutien financier aux pays en développement à partir d'actions, de programmes ou de plans ayant fait l'objet d'une préparation attentive notamment au niveau de l'estimation des réductions des émissions de gaz à effet de serre,
- Un processus dynamique pouvant prendre l'ampleur, à terme, de programmes sectoriels mondiaux, facilitant les transferts de technologies donc à bénéfices collectifs (notamment par réduction des coûts).

Les NAMAs, en reconnaissant les actions d'atténuation volontaires de la part des pays en développement, constitueraient une avancée décisive vers une indispensable déviation de leur trajectoire d'émission (notamment des pays émergents).

Cependant, au stade actuel (juillet 2009), ce concept est loin d'être stabilisé et fait l'objet de nombreuses divergences d'appréciation entre pays (sur le contenu, le périmètre, la nature et les destinataires des NAMAs, les sources et les formes de financement, les modes de décision dans le cadre des institutions de la Convention et du Protocole...).

○ **Un mécanisme prometteur qui pourrait bénéficier au secteur des bâtiments**

Dans le secteur du bâtiment, ces programmes pourraient concerner :

- La qualité de construction neuve et la réhabilitation du patrimoine existant ;
- L'amélioration des procédés industriels notamment dans les industries extractives et de première transformation des matières premières ;
- Des programmes de construction à plusieurs centaines voire milliers d'exemplaires sur la base d'un ou plusieurs modèles (émissions évitées x nombre de modèles) ;
- Des programmes plus applicatifs par composant (ex : généralisation ECS solaire sur tant d'exemplaires, systèmes de cuisson adéquats, diffusion de lampes BC, électroménager performant) ;
- Des programmes de conception et fabrication de matériaux locaux (adobe, ciment...) ;
- Des programmes de renforcement des capacités : formation d'architectes, d'ingénieurs, de techniciens, de formation continue...
- L'accès à l'électricité pour tous, notamment avec un concours accru aux énergies renouvelables ;
- L'efficacité énergétique dans tous les usages ;
- La valorisation des déchets et la réduction des émissions de méthane ;
- La lutte contre la déforestation et la dégradation des forêts ;

## 4. Propositions de programmes et de mécanismes

Cette partie présente des propositions de programmes concernant les bâtiments. Ces propositions se rapportent à différentes filières et sont orientées vers divers mécanismes de financement, à commencer par ceux de la négociation climat.

Pour rester dans l'optique d'une approche sectorielle, cette partie reste organisée par usage et par filière technique et, dans un deuxième temps, elle est ventilée chronologiquement en fonction de leur processus de progression puis par mode de financement.

Comme explicité précédemment, le secteur pourtant déterminant des bâtiments et des activités domestiques a très peu bénéficié du Mécanisme de Développement Propre (MDP). De manière générale, les programmes liés à ce secteur ne parviennent pas à trouver de financements dans le cadre actuel des mécanismes de la négociation climat. Les propositions de NAMAs permettraient de lever ce verrou concernant ce secteur décisif pour le futur.

### 4.1 - La construction neuve

L'amélioration de la qualité de construction est un processus complexe qui nécessite des interventions très diversifiées et, par conséquent, des modes de financement spécifiques.

#### ● **Les cas de soutien direct possible à des opérations unitaires de type MDP**

Les seuls cas éventuellement possibles porteraient sur :

- ✓ ***Des réalisations exemplaires pour des bâtiments de taille importante***

Des bâtiments pour lesquels la constitution d'un dossier de projet est envisageable, avec des gains d'émissions clairement calculés.

● **Le soutien à des investissements pouvant être regroupés dans des projets de MDP programmatique pour lesquels des réductions d'émission et les surcoûts sont assez facilement calculables**

- ✓ ***Les équipements domestiques, les appareils de cuisson et les capteurs solaires.***

Les possibilités de soutien à la diffusion d'équipements performants bénéficiant d'un effet de série concernent surtout mes équipements domestiques, les appareils de cuisson et les capteurs solaires (qui seront abordés plus loin).

- ✓ ***Les appareils performants de climatisation et de ventilation***

L'intérêt de la diffusion massive d'équipements de ventilation et de climatisation performants est limité si la conception même des bâtiments n'est pas améliorée.

● **La conception de la construction neuve**

La phase décisive à franchir concernant la qualité de la construction neuve réside dans un effort de conception et de diffusion des savoir-faire. Les mécanismes proposés par la négociation climat ne sont pas conçus pour cette fonction. Il faudra donc faire appel à l'aide publique au développement (APD). Cela pourra concerner :

- ✓ ***La conception architecturale***

Dans la plupart des pays, cette phase cruciale n'a pas été franchie au sens où un travail approfondi de recherche sur la conception la mieux adaptée aux évolutions climatiques du pays – qui tienne à la fois compte du réchauffement climatique enclenché et qui vise à s'engager dans la voie d'un développement à bas niveau d'émissions de gaz à effet de serre- n'a pas été réalisé. Cette conception doit également tenir compte des ressources locales en matériaux, des traditions architecturales nationales et des modes de vie. De tels programmes ne peuvent être soutenus qu'à travers des programmes d'aide publique, de développement et de coopération au plan de la recherche.

- ✓ ***La préparation des dispositions légales et réglementaires (code de la construction, réglementation thermique et électrique)***

L'étape précédente franchie, la politique nationale de construction devra s'appuyer sur des législations et des réglementations afin d'élaborer un code de la construction. Ce processus ne peut être que très progressif du fait d'un secteur de la construction divisé en pratique en trois marchés distincts (un secteur industriel, un secteur artisanal et un secteur informel). Il faudra donc envisager des réglementations spécifiques selon les marchés, par exemple un niveau d'exigence réglementaire plus forte pour le tertiaire public, les grands bâtiments commerciaux et les grands hôtels que pour le logement social et la construction privée.

Ce travail de préparation réglementaire devra également porter sur les normes pour les productions nationales d'équipement et les importations de matériels.

Il s'appuiera lui aussi sur des coopérations internationales, pas seulement pour des raisons financières mais également pour faciliter l'acquisition de compétence. Ce fut, par exemple, le cas pour la Tunisie qui a élaboré sa réglementation thermique avec un partenariat européen.

- ✓ ***Le soutien à des opérations exemplaires***

Les phases précédentes de conception et de préparation législative et réglementaire nécessitent la réalisation d'opérations pilotes, pour en vérifier la pertinence technique, en perfectionner la conception, en tester la réalisation avec les professionnels et en optimiser les coûts.

Ces opérations exemplaires peuvent faire l'objet de financements à travers de nombreuses voies : l'aide publique au développement bilatérale ou multilatérale, les fonds carbone proposés par des institutions internationales, des fondations ou des banques, les partenariats public-privé et les NAMAs.

✓ ***Des programmes de formation (architectes, maîtres d'ouvrage, entreprises réalisatrices, circuits de financement)***

Ce mode d'intervention est aussi celui qui permet de supporter la formation des professionnels indispensable à la diffusion des meilleures pratiques dans les différents corps de métiers.

✓ ***Projets industriels portant sur des usines de production de matériaux et d'appareils***

En amont du secteur de la construction, il faut souligner des investissements d'efficacité énergétique ou de substitution de combustibles peuvent faire l'objet projets MDP (cimenteries, briqueteries...).

✓ ***Des programmes de recherche et de structuration de filières pour favoriser l'utilisation des matériaux et appareils locaux***

La mise en place de projets expérimentaux de développement des matériaux et des appareils de conception locale, et l'industrialisation de ces filières seront indispensables pour obtenir une diffusion massive de ces produits à des prix compétitifs.

Ces programmes peuvent être soutenus par de l'aide publique au développement et pourront prendre de plus en plus la forme de partenariats public-privé à mesure que l'on passera de la recherche à la diffusion de masse.

✓ ***La réalisation d'opérations pilote dans divers branches (logement social, tertiaire public, hôtels, équipements sanitaires...).***

La phase suivante est celle de la multiplication d'opérations de démonstration qui visent à faire connaître les meilleurs techniques dans les différents secteurs d'activité et sur tout le territoire. Ces opérations de démonstration sont encore souvent coûteuses à ce stade, faute d'effet de série et de diffusion des savoir-faire dans les professions permettant une baisse des prix. Dans ces conditions, des soutiens sont nécessaires, mais à ce stade la contribution financière d'un projet MDP risque d'être trop faible pour permettre ces investissements.

Il faudrait que de tels projets puissent être soutenus par de l'APD ou mieux, être intégrés dans de programmes de type NAMAs avec un soutien des acteurs industriels et du secteur bancaire national.

✓ ***Le soutien à des programmes massifs d'investissements***

La phase suivante consisterait à engager des programmes de réalisation à grande échelle.

Ceux-ci pourraient prendre deux formes :

• ***La diffusion d'un type de bâtiments en grande série à l'identique***

Le projet par un pays de réaliser des bâtiments collectifs ou individuels à l'identique, en série, pourrait faire l'objet d'un soutien dans le cadre d'un projet MDP programmatique.

Le montant du soutien au titre du MDP pourra être calculé en multipliant la réduction d'émissions par unité de bâtiment (une construction banale actuelle) par le nombre de constructions concernées.

De tels programmes pourraient également porter sur des composants spécifiques, soit en construction neuve soit en réhabilitation : pose d'isolation en toiture, de pare-soleil...

- **La mise en place de programmes de construction avec effet de série portant sur la diffusion de bâtiments de différents types**

C'est le cas d'un programme plus diversifié qui pourrait consister à intégrer dans une politique nationale de lutte contre le changement climatique un programme généralisé de qualité de construction neuve. La procédure de MDP programmatique est en l'état actuel impropre pour prendre en compte de tels programmes, dont le suivi détaillé de l'efficacité sera plus difficile. De tels programmes pourraient davantage faire l'objet de programmes de NAMAs ou de programmes sectoriels à financements multiples : contribution des pays industrialisés, partenaires industriels, secteur bancaire, fonds carbone...

Cette démarche sera celle qu'il faudra suivre pour toutes les opérations complexes.

Ces programmes pourraient en outre bénéficier de financement du fonds d'adaptation, notamment pour réduire les situations de surchauffe auxquels sont exposés des bâtiments, objets de programmes de réhabilitation.

- ✓ **La pose d'installations photovoltaïques pour la production d'électricité**

La diffusion de modules photovoltaïques fait l'objet de soutiens importants à travers l'aide publique au développement, dans une logique sociale d'amélioration des conditions de vie des populations éloignées des réseaux électriques. Le coût de ces programmes est bien trop élevé pour approcher un équilibre économique via le MDP. Ils pourraient en revanche être inclus dans des programmes NAMAs.

## **4.2 - La cuisson**

La réduction des prélèvements de bois de feu pour assurer la cuisson a fait l'objet de nombreux programmes de soutien par diverses coopérations (notamment la coopération allemande). Malgré le fait que ce thème constitue probablement la principale priorité pour l'Afrique, tant du point de vue de l'environnement que du point de vue de l'énergie, ces programmes n'ont pas bénéficié du soutien constant nécessaire. Les raisons en sont multiples. Tout d'abord, la diffusion des modes de cuisson alternatifs se heurte à des habitudes alimentaires et culturelles. Ensuite, la diffusion massive de matériels de cuisson demande une organisation logistique, qui a manqué. De plus, ce sujet qui concerne surtout les populations rurales a fait l'objet d'un intérêt insuffisant de la part des élites urbaines. Il s'agit pourtant, et de loin, de l'action de réduction des émissions la moins onéreuse.

Les programmes de réduction des prélèvements de bois de feu pourraient prendre la forme d'un soutien direct à des opérations de diffusion massive de foyers améliorés en zone rurale, afin d'améliorer les rendements de cuisson. En zone urbaine, la diffusion d'appareils de cuisson permettrait une substitution d'énergie (passage au butane). La diffusion de cuiseurs solaires pourrait être généralisée.

La réussite de ces projets sera tributaire d'un programme culturel de sensibilisation des populations, avec un effort particulier en direction des populations féminines peu alphabétisées.

De tels programmes pourraient faire l'objet soit :

- De projets dans le cadre d'un MDP programmatique,
- De projets REDD+ et NAMAs dans le cadre des mécanismes de lutte contre la déforestation.

### **4.3 - L'eau chaude sanitaire**

La diffusion des capteurs solaires devrait constituer la solution technique de référence pour permettre aux populations africaines d'avoir accès à l'eau chaude.

De nombreux programmes de diffusion de capteurs solaires thermiques ont été appuyés en Afrique. Certains même avec des productions locales de capteurs. Leur financement ont fait l'objet de soutiens de la part de coopérations bilatérales et multilatérales.

Ces programmes, de trop petite taille, ne pouvaient bénéficier du MDP. Des programmes de MDP programmatique pourraient, en revanche, facilement en assurer la diffusion massive.

### **4.4 - L'éclairage et les équipements ménagers**

La diffusion d'appareils électroménagers performants pourrait être réalisée par le biais de projets de MDP programmatique.

Cela pourrait s'appliquer :

- A la diffusion de lampes basse consommation et des diodes électroluminescentes,
- Aux différentes catégories d'équipements domestiques (les réfrigérateurs,...).

### **4.5 - La gestion des déchets ménagers**

La réduction des émissions de méthane par les décharges d'ordures ménagères (surtout en zone chaude et humide) se situe au carrefour de problématiques toutes aussi essentielles : réduire l'une des sources les plus importantes de pollution des eaux par les décharges d'ordures ménagères et les impacts sanitaires graves qui en découlent, tout en rendant possible une production d'électricité en appoint dans des villes. Celles-ci en ont généralement bien besoin.

Il s'agit de généraliser à toute l'Afrique l'organisation de décharges ménagères sur des sites où les effluents puissent être contrôlés et stabilisés, où le méthane puisse être drainé et brûlé dans des moteurs pour produire de l'électricité vendue au réseau. De tels projets font déjà l'objet de projets MDP. Ces pratiques peuvent être généralisées et bénéficier de partenariats public-privé, facilitant ainsi la mise en place de services locaux de collecte des ordures ménagères.

### **4.6 - Une réflexion à poursuivre**

La tentative qui précède met en exergue les besoins de financement des pays africains pour progresser vers un secteur des bâtiments à faible contribution au changement climatique.

Quelques remarques importantes doivent être effectuées au stade actuel des réflexions :

- D'abord, la rédaction précédente propose comme base de travail que les financements par types de projets soient assurés en priorité sur des dispositifs existants plutôt que sur des dispositifs éventuels futurs (NAMAs).
- Ensuite, certains de ces projets possibles pourraient faire l'objet d'un financement, à partir de différentes sources. La priorité provisoire ici retenue consisterait à orienter les projets vers un soutien financier au prorata de la réduction des émissions de gaz à effet de serre obtenue.
- Enfin, le concept de NAMAs est encore largement en discussion. Il faudra attendre au moins la conférence de Copenhague pour connaître les possibilités de soutien de ce nouvel instrument (s'il est décidé).

Cette étude a toutefois clairement montré :

- L'inadéquation actuelle des modes de soutien de projets à travers les mécanismes et les fonds actuels proposés par la Convention et le Protocole.
- Le besoin d'un outil avec deux caractéristiques : permettre le groupage de réalisations multiples dans un programme global et rendre possible le développement de filières d'envergure nationale.

## BIBLIOGRAPHIE

- *Consommation finale par source d'énergie du secteur bâtiment* (FAO, Les bioénergies, Comité de l'agriculture, 19<sup>ème</sup> session, Rome, 13-16 avril 2005.)
- *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques. Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable*, Alain LIEBARD, André de HERDE
- <http://www.ananzie.net/La-question-des-materiaux-de> (matériaux de construction)
- *L'isolation écologique : conception, matériaux, mise en œuvre*, JP Oliva, terre vivante
  
- *Le guide Immeuble DD, construction d'immeuble adapté au Développement Durable de l'île de la Réunion*
- <http://users.swing.be/geoffroy.magnan/mali/> (construction au Mali)
- ENSAM - Marseille
- *Comparaison internationale bâtiment et énergie*, PREBAT, décembre 2007
- <http://www.puits-canadien-home.com/puits%20p1.htm> (puits canadiens)
- [http://pompe-a-chaleur.comprendrechoisir.com/comprendre/prix\\_tarif\\_pompe\\_a\\_chaleur](http://pompe-a-chaleur.comprendrechoisir.com/comprendre/prix_tarif_pompe_a_chaleur) (pompes à chaleur)
- *Introduction à la climatisation solaire*, CFNPT, 2007
- *Climatisation en pays chauds et secs par toiture diode*, 1987
- *Eau chaude sanitaire solaire, individuel et collectif* par l'Ademe et la Fédération Française du Bâtiment
- <http://www.saint-gobain-recherche.com/francais/telectr.htm> (vitrages)
- Fiche ADEME « *Intégration des problématiques de confort d'été dans des opérations de réhabilitation* »
- <http://www.altermonde-sans-frontiere.com/spip.php?article6587> (réfrigérateur solaire)
- [http://fr.ekopedia.org/Frigo\\_solaire](http://fr.ekopedia.org/Frigo_solaire) (réfrigérateur solaire)
- *Mise au point d'une gamme de foyers améliorés et réchauds et préparation de la diffusion*, 2001
- [http://www.essor.gov.ml/cgi-bin/view\\_article.pl?id=4468](http://www.essor.gov.ml/cgi-bin/view_article.pl?id=4468) (bois de feu)
- *La Cuisson avec les énergies renouvelables*, Paul Krämer
- Atelier du projet « technologies appropriées » du PNUD (1991) (foyers améliorés)
- *Note de décryptage*, Futur Facteur 4 et IEPF, juin 2009
- *The little redd book*, Global Canopy Foundation, C. Parker, A. Mitchell, M. Trivedi, N. Mardas, 2008

## ANNEXES

### Exemples de projets réalisés

#### ● **Construction de toiture en secco au Mali**

Source : *Maisons économiques. Expérimentation Bamako, Mali. Toitures en secco.*

Le secco (herbe aux éléphants) pousse abondamment au Mali, sa structure est voisine de celle des roseaux. L'utilisation du secco pour les toitures se fait par la réalisation de panneaux cousus. La couture du secco se fait en enchevêtrant les tiges de secco pour obtenir une épaisseur moyenne constante de 4 cm, les bases de tiges étant dirigées vers les lisières. Les éléments sont constitués de touffes de 4 cm de diamètre assemblées par une ficelle de polypropylène. A ce stade de la confection, il faut prévoir d'équiper un panneau sur deux du nombre de liens nécessaires qui serviront plus tard à l'arrimage des éléments de toiture sur les chevrons de la charpente. Pour constituer la toiture elle-même, deux nappes de 4 cm d'épaisseur sont superposées avec interposition d'une feuille de polyane de 3/10 de mm d'épaisseur. Deux lignes de coutures à chaque extrémité lient les deux nappes et la feuille de polyane. Il est conseillé de mettre en place une portée maximum entre les chevrons de 1,3m ce qui garantit une flèche maximum de 10 mm.

#### ● **Construction d'un centre de santé communautaire à Djibouti**

Source : *Conception bioclimatique de l'habitat et mise en œuvre de matériaux locaux, Le centre de santé communautaire d'Ambouli (Djibouti) par Abdourahman FARAH, Ludovic BOESPFLUG, Hervé CHATELET, Jean-Yves GARNIER, Jacques GUIDOT, ministère des Travaux Publics, de l'Urbanisme et du Logement de Djibouti, ISERST, 1991*

Le bâtiment est construit en terre crue hypercomprimée avec l'utilisation d'une presse manuelle (elle peut être hydraulique mais cela coûte plus cher).

Les briques sont faites d'un mélange de 15 pelles terre et 1 de ciment avec un peu d'eau.

Le stockage des briques est sur sol sablonneux sur maximum 4 rangées. Les briques sont recouvertes de sacs de ciment vides. On les arrose pour ralentir la vitesse de séchage pour éviter la fissuration, en tout pendant 3 semaines.

Les murs se montent comme un mur de parpaings de ciment. Il faut une humidification préalable, un lit de mortier et des joints de 1 cm et 1,5 cm. Il n'y a pas d'enduit extérieur. L'extérieur est rejointé, l'intérieur enduit au mortier de ciment.

Ce choix de fabrication a induit une économie de 28% par rapport à une maçonnerie parpaing en ciment (elle pourrait même être de 47% si la terre était peu chère et s'il n'y avait pas la presse à payer). Au final, il y a une réduction de 6% du montant total des travaux.

#### ● **Construction en brique en terre stabilisée au ciment aux Comores**

Source : <http://baticom.org/projets.html>

En 1976 a vu le jour, sous l'égide du BIT en collaboration avec le PNUD, un programme de formation pour la fabrication des briques en terre stabilisée au ciment en utilisant une presse CINVA-RAM. La technique et l'acquisition de la presse sont utiles pour la construction d'habitat économique. Des essais de fabrication des briques ont été effectués et les résultats sont satisfaisants. Un bâtiment destiné à servir de bureau et de magasin a été construit à titre d'essai par les participants au stage, le résultat est excellent. L'Etat Comorien a décidé, dans le cadre de la décentralisation liée à la politique de l'époque, de construire avec les briques compressées tous les bâtiments complémentaires des moudirias. Pour cela, les équipements et matériels de fabrication de briques ont été fournis par l'Etat et une formation au niveau de la population a été effectuée. Le centre de formation professionnelle de Ouani (Anjouan) organisait des stages de formation continue. Le coût de revient de la brique, utilisée comme élément de remplissage, était estimé à 16,07 Kmf et le prix de revient d'un mètre carré de mur était de 578,50 Kmf, soit 36% du prix au mètre carré d'un mur à parpaing de ciment.

### ● **Projet d'Appui à la Promotion et à la Vulgarisation des Tuiles en Micro Béton et en Argile Cuite au Bénin**

Source : [http://www.bj.refer.org/benin\\_ct/rec/potemat/DOCUMENT%20%20DE%20PROJET%20%20PROMOTION%20%20POTEMAT.htm](http://www.bj.refer.org/benin_ct/rec/potemat/DOCUMENT%20%20DE%20PROJET%20%20PROMOTION%20%20POTEMAT.htm)

L'importation de matériaux de construction coûte cher, il est donc plus intéressant d'utiliser des matériaux locaux.

Le projet "*Appui à la Promotion et à la Vulgarisation des Tuiles en Micro Béton et en Argile Cuite*" vise à accorder à POTEMAT (Pôle technologique de promotion de matériaux locaux) l'appui institutionnel et financier requis pour lui permettre de jouer le rôle de centre de référence et de normalisation dans la production et l'utilisation des matériaux locaux de construction (MLC) au Bénin et dans la Sous-Région Africaine.

Depuis sa création en 1997, les activités de POTEMAT se sont concentrées à la formation d'artisans (tuiliers), à la réalisation d'un abri de démonstration (un prototype de toiture en tuile "TMB") mis en place au sein du Collège Polytechnique (CPU) et de l'Université Nationale du Bénin (UNB), à la réalisation de plusieurs études de recherche dans la filière dont principalement celles sur les tests d'utilisation et de contrôle de mise en œuvre, et sur l'analyse micro structurale micro béton, au développement d'équipements de production des "MLC" (Table Vibrante, Moule, etc.) et à la création d'une page web sur le "POTEMAT".

### ● **Projet « Tuiles végétales en Côte d'Ivoire »**

Source : [http://www.idrc.ca/fr/ev-5316-201-1-DO\\_TOPIC.html](http://www.idrc.ca/fr/ev-5316-201-1-DO_TOPIC.html)

Comme dans la plupart des pays voisins, les éléments de toiture en Côte d'Ivoire sont souvent importés et coûtent cher : ils représentent, à eux seuls, 30 % du coût de réalisation d'un logement en Côte d'Ivoire et créent, de ce fait, d'importantes sorties de devises. Or, ces matériaux dits modernes, s'ils sont reconnus performants et durables, sont cependant inadaptés à l'environnement et favorisent notamment les problèmes liés à la corrosion, l'inconfort thermique et les nuisances sonores. D'où la préférence, en zone urbaine, pour les éléments métalliques, les tôles ondulées et parfois le béton armé ou les tuiles en terre cuite; en zone rurale, dominant nettement les toitures traditionnelles faites de paille ou de feuilles de palmier; des matériaux locaux certes abondants, peu coûteux et

confortables d'un point de vue thermique, mais qui présentent l'inconvénient d'être très peu durables et exposés souvent à la proie des flammes.

Deux types de tuiles :

- Tuile en fibro-mortier : sable, ciment, colorant et fibre de sysal (produits tous importés). Le sysal a été remplacé par des matières premières locales telles la fibre de coco, de riz ou encore de chiendent ; la consommation de ciment a été réduite grâce à l'utilisation d'une synthèse de kaolin et de cendre de végétaux riches en silice ; le dosage a été amélioré ; équipements de travail revus à la baisse avec l'adaptation d'un moule en mortier à prix très abordable et d'une table vibrante facile à transporter, fonctionnant avec une batterie et très compétitive par rapport aux tables locales ou importées existant sur le marché ivoirien.
- Tuile en micro-béton : ciment, colorant, eau, sable (répond parfaitement aux contraintes écologiques et économiques du pays, d'autant plus que la Côte d'Ivoire regorge de carrières de sable).

### **● Projet pilote pour la construction de logements durables en Afrique (décembre 2008)**

Source : <http://cdurable.info/Projet-pilote-pour-la-construction-de-logements-durables-en-Afrique,1369.html>

La structure d'une maison d'un nouveau genre a été présentée à Villeneuve-la-Guyard (Yonne–Bourgogne). Elle sera envoyée à Pô au Burkina Faso, ville en partie détruite par des pluies diluviennes de l'été 2007. Les dernières étapes de sa construction seront assurées par la population locale. Ce projet pilote soutenu par l'UNEP/SBCI (United Nations Environnement Programme / The Sustainable Buildings and Construction Initiative) vise à développer un habitat sain, durable et économique pour les populations de pays à faibles revenus.

Ce projet pilote répond à plusieurs objectifs :

- Favoriser la construction en Afrique de l'Ouest de logements durables : résistance de la structure, confort thermique élevé, recours à des matériaux locaux et aux énergies renouvelables,
- Réduire sensiblement leurs coûts de construction et d'entretien,
- Permettre de bâtir sa maison simplement, sans assistance extérieure, tout en améliorant les techniques existantes de construction,
- Valoriser les patrimoines architecturaux locaux.

Ce projet s'appuie sur le système de construction Plastbau, de la société italienne Plastedil. Il est proposé en France depuis peu par la société Néopano. Utilisé avec succès dans de nombreux pays depuis plus de 30 ans, le système Plastbau permet l'édification simple et rapide de bâtiments solides, à hautes performances énergétiques. Des blocs de coffrage isolants - composés de deux panneaux en polystyrène expansé reliés entre eux par une structure métallique – sont assemblés pour constituer la structure de l'édifice. Dans le cas du projet au Burkina Faso, de la latérite (terre locale disponible en grande quantité) sera coulée entre les panneaux. L'extérieur du bâtiment sera ensuite peint par des femmes selon les traditions architecturales de l'ethnie Kassena. Ce procédé évite

ainsi le recours à des matériaux de construction dont les coûts ont explosé en Afrique ces dernières années (de 10€ à 16€ le sac de ciment au Burkina Faso et jusqu'à 29€ ailleurs en Afrique, ce qui est un prix largement supérieurs à celui pratiqué dans les pays développés). Par ailleurs, l'approvisionnement n'est pas assuré de façon régulière.

Aujourd'hui, il s'agit d'envoyer au Burkina Faso la structure de la maison. Une fois celle-ci terminée, les prochaines étapes du projet consisteront à collecter des fonds auprès d'organisations internationales et de fondations privées pour financer la création d'une usine de production Plastbau au Burkina Faso (fonds recherchés estimés à 2,5 M€). Celle-ci pourra ainsi produire sur place les panneaux nécessaires aux besoins locaux et à ceux des pays voisins, le cas échéant. L'usine pourra aussi former et accompagner les populations locales dans leur chantier et dans le développement de pratiques constructibles durables.

### **Centre de santé de Barkoundouba au Burkina Faso (construction bioclimatique)**

Source : Architecture bioclimatique, OIF

L'objectif du projet de développement national burkinabé est d'amorcer un plan de développement de centres de santé ruraux pour proposer à la population locale un accès aux soins. Il semble que l'architecture bioclimatique soit la réponse à ce défi en offrant des conditions intérieures saines et confortables et l'utilisation de matériaux, main-d'œuvre et techniques de construction locaux qui permettent de limiter les coûts de conception et d'exploitation.

La démarche vise tout d'abord à limiter l'utilisation de matériaux importés et favorise ainsi une construction en bloc de terre compressée de 30 cm d'épaisseur. Cette solution a de multiples avantages :

- Excellente résistance mécanique ;
- Bonne régulation de l'humidité de l'air ;
- Très bonne inertie ;
- Terre disponible et pressée manuellement sur chantier ;
- Limite l'importation de matériaux et le coût de construction.

Un excellent compromis entre confort thermique et visuel est indispensable et souvent difficile à trouver dans ce genre de climat. Une attention toute particulière est portée non seulement à l'orientation suivant un axe Est/Ouest mais aussi à la protection des fenêtres : le rayonnement solaire direct est ainsi masqué par des débords de toiture au-dessus des murs Sud et Nord, par un auvent sur la façade Est et un mur claustra en façade Ouest. Les murs ajourés permettent la circulation d'air et offrent une protection solaire.

La toiture est l'élément constructif le plus soumis à l'énergie solaire : sa conception permet de limiter les risques de surchauffe en évacuant la chaleur emmagasinée la journée. Ainsi, un large espace est prévu entre la toiture et le plafond épais qui isole l'intérieur du bâtiment. Cet espace permet une aération naturelle en continu et la toiture permet d'ombrer complètement le plafond.

Le site n'ayant pas accès au réseau d'électricité, les différents bâtiments ne peuvent avoir recours à un système de climatisation traditionnel. L'architecture bioclimatique permet de s'en passer par les différents principes énoncés ci-dessus (protections solaires, conception de la toiture, inertie thermique), mais il est indispensable de sensibiliser le personnel sur le fonctionnement des bâtiments : durant la journée, toutes les fenêtres sont fermées et protégées, durant la nuit, les dispositifs de ventilation naturelle sont adoptés :

évacuation de la chaleur emmagasinée par l'inertie par circulation d'air entre les différents ouvrants.

Le projet a été initié en 1998 et financé intégralement par l'association Barkoundouba dans la Drôme en France. La conception bioclimatique s'est avérée la solution constructive la plus adaptée dans les régions où l'accès à l'énergie est difficile et les contraintes climatiques peu favorables au maintien de conditions intérieures confortables. L'association Barkoundouba a donc confié la conception bioclimatique à l'ONG française GERES avec un objectif de surcoût limité à 15 %.

Les résultats techniques de ce projet sont difficilement chiffrables car il n'y a aucune consommation d'énergie. Et c'est là tout l'enjeu : la conception bioclimatique permet d'atteindre des conditions intérieures confortables sans système de ventilation mécanique ou de climatisation.

Les résultats financiers laissent apparaître un coût de 150€/m<sup>2</sup> pour un total de 64 200€ qui a été optimisé par une excellente organisation des bâtiments. Le surcoût lié au bioclimatisme est évalué à 15 %. Les résultats semblent tout à fait satisfaisants car le même type de projet a été reproduit à Douma, toujours au Burkina Faso.

Le projet a permis aux acteurs burkinabés d'acquérir une certaine expérience non seulement en architecture bioclimatique mais aussi dans le déroulement de tel projet.

### **● Projets financés par l'AFD**

De nombreux projets ont été financés par l'AFD en Afrique, autant dans le secteur bâtiments/infrastructures que liés à la question du bois de feu et de la déforestation :

#### *Infrastructures :*

- Projet d'accès à l'électricité des populations rurales pauvres au Bénin ;
- Projet de renforcement du système de distribution électrique urbain et périurbain au Kenya ;
- Projet d'extension de la desserte électrique en milieu rural en Mauritanie ;
- Programme d'appui à la résorption de l'habitat insalubre au Maroc ;
- Programme de réhabilitation des quartiers populaires ou anciens en Tunisie ;
- Projet environnement urbain à Lomé (notamment de gestion des ordures ménagères), au Togo.

#### *Gestion des forêts :*

- Appui au programme sectoriel forêts et environnement au Cameroun ;
- Reforestation et gestion concertée des ressources naturelles au Kenya ;
- Projet Ligne Environnement en Tunisie : Mise en place d'une ligne de crédit interbancaire destinée au financement d'investissements bénéfiques pour l'environnement (dépollution, énergies renouvelables, valorisation des déchets, économies d'énergies).

## **Foyers améliorés**

### **● Concept**

Les foyers de cuisson améliorés sont des fours domestiques construits en argile, en briques ou en tôles à l'intérieur desquels se consomment lentement, à l'abri de l'air et du vent, des branchages, du petit bois ou du charbon de bois.

Particulièrement économes par rapport aux méthodes traditionnelles de cuisson à l'air libre, ces foyers améliorés permettent d'épargner jusqu'à 75% du combustible nécessaire pour la préparation des repas.

### ● Les différents types de foyers

1- **Foyer traditionnel** : constitué de trois pierres posées par terre sous forme triangulaire pour soutenir la marmite, la casserole, etc.

2- **Autres foyers** :

- En pierre, argile mélangé à de la paille et de la bouse de vache. Ex : tabouna traditionnelle, four pour la cuisson du pain. ; Albarka du Niger et du Rwanda qui a le bois et les résidus agricoles comme combustible.
- En terre cuite : foyer Filli du Tchad
- En sable et argile qui a le bois comme combustible ex. Maendeleo du Kenya.
- En briques, grille en métal plaque chauffage, avec volet d'aération plus cheminée. Ex : CHINGWA du Zimbabwe, qui a le bois comme combustible.
- En argile fin. Ex : Onaga céramique du Burkinafaso qui utilise le bois comme combustible.
- En métal, vermiculite (matériaux isolant) ex. le TSO TSO DU Zimbabwe qui utilise des petits morceaux de bois et déchets de briques comme combustible.
- En tôles de récupération ex. : Katindé Nyandi au Cameroun avec comme combustible le bois.
- Foyer « Ganoune » pour le charbon de bois : réalisé en fil de fer, tressé sur des tiges métalliques. Prix de vente en moyenne de 1500 FCFA (2,29€).

### ● Les usages selon les milieux

1. **Les foyers ruraux** : Utilisent les bois, les bouses de vache et des nombreux résidus agricoles. Les combustibles ne sont pas achetés, ils sont collectés par les femmes et les enfants. La collecte se fait pendant plusieurs heures, c'est une corvée pour la femme rurale. Les familles qui ont suffisamment de moyens peuvent acheter du bois à 10 ou 124 \$ par stère.
2. **Les foyers urbains** utilisent le bois et le charbon de bois. Le combustible est acheté.
3. **Les foyers institutionnels** : dans les hôpitaux, les écoles, les restaurants et les petits hôtels éloignés. Ils utilisent les bois achetés à grands lots.

### ● Les foyers améliorés présentent plusieurs avantages

- Lutte contre la disparition des flammes et de la chaleur par temps venteux ;
- Contrôle efficace du feu ;
- Le consommateur n'est pas exposé à la chaleur et à la fumée ;
- Diminution des risques d'incendie et de maladies ;
- Préservation des ressources forestières (réduction à 70% du bois consommable par le foyer traditionnel) ;
- Création d'emploi comparativement au foyer traditionnel.

### ● Réalisations (date de prix des foyers : 2001)

- Foyers améliorés en tôle (économie de 30% par rapport au foyer Ganoune traditionnel ; Prix : environ 2500 FCFA (4€) ; fabrication artisanale aisée ; Durée de vie de un à deux ans. Succès) :
  - Foyer à charbon de bois multimarmite (du type Sakkanal sénégalais ; Daamu malien ; Tanika malgache).
  - Foyer mixte bois/ charbon de bois (Nafacaman au Mali).
- Foyers améliorés à charbon de bois tôle/ terre cuite (chambre de combustion en terre cuite, logée dans une enveloppe métallique grâce à un assemblage en ciment). Diffusion au Kenya (Jiko), au Sénégal (Diambar), au Burkina Faso, au Mali (Sakawa) et au Bénin. Permet d'économiser 40% de bois ou de charbon ; Foyer « Haut de gamme » donc relativement complexe à réaliser. Prix de vente : entre 4000 et 5000 FFCA (6 – 7,5€).
- Foyer métallique à un trou sans cheminée ; fabrication en tôle de récupération par des artisans traditionnels ; 25 000 foyers ont déjà été vendus à ce jour au Niger (Mai-Sauki).
- Foyers améliorés à bois en terre cuite qui s'inspire du foyer traditionnel Filli. Prix de vente potentiel : entre 500 et 1 000 FCFA.
- Four de carbonisation
- Foyer amélioré Roquet : se caractérise par une chambre à combustion très efficace. L'air arrive par le bas, une partie de cet air passe sous une planche en fer où l'air est préchauffé. Le bois est entièrement brûlé sans que la flamme touche la marmite afin d'éviter toute création de fumée. Les gaz chauds sont ensuite tirés vers le haut en longeant les parois de la marmite pour permettre un transfert de chaleur optimal. La marmite, elle-même, est posée sur des supports métalliques qui ont une certaine hauteur afin de permettre aux gaz de s'échapper sans créer de fumée. La chambre à combustion est construite de matériaux très isolant (par exemple un mélange d'argile, de chamotte et de sciure de bois) sous forme de briques/beignets empilés les uns sur les autres. De ce fait, aucune chaleur n'est perdue vers l'extérieur.
- Foyers améliorés "Roundé"
- La technique du rondereza : construction d'une cuisinière en briques à l'intérieur de laquelle se consomme lentement le bois ou le charbon de bois sur des plaques d'adobe, les briques et les plaques assurant une conservation maximale de la chaleur et un rendement optimum du combustible. D'un prix de revient de 40 euros, ils permettent d'économiser jusqu'aux 2/3 de bois ou de braises et voient leur investissement très vite rentabilisé.

### **Contraintes de diffusion**

*Source : Etude sur l'identification des besoins en transfert de technologies, Mali, 2002*

Différents obstacles à la diffusion des foyers améliorés et autres équipements existent, notamment en milieu rural.

#### **Les obstacles économiques et financiers :**

- Le pouvoir d'achat des populations cibles est assez faible pour se procurer des équipements au prix réel. Il a été constaté une baisse d'achat lorsque la subvention s'arrête.

#### **Les obstacles liés à l'information et à la sensibilisation :**

- Populations cibles restreintes (centres urbains uniquement) ;

- Insuffisance d'information des populations cibles sur l'utilisation de certains équipements (cas des réchauds à gaz).

#### **Les obstacles techniques :**

- Problème d'approvisionnement en matières premières (fûts) pour la production des équipements (cas des fourneaux et foyers améliorés) ;
- Conception technique des équipements mal adaptée au contexte local (cas des réchauds sous pression) ;
- Manque de pièces de rechange.

#### **Les obstacles sociologiques :**

- Déplacement des artisans producteurs à l'approche de l'hivernage provoquant un arrêt momentané de la production ;
- Habitudes culinaires non conformes aux procédures d'utilisation des équipements proposés.

#### **Les obstacles liés la Recherche/Développement :**

- Non implication assez poussée des structures de recherche ;
- Manque de financement conséquent aux structures de recherche.

#### **Les nouvelles technologies**

Les cuisinières ou fourneaux à gaz et à pétrole connaissent une légère poussée en milieu urbain. Cependant ces combustibles sont chers comparativement aux foyers améliorés à bois ou à charbon de bois de bonne qualité et appropriés.

#### **Le four solaire**

L'énergie solaire est déjà utilisée parfois pour:

- Chauffer l'eau et stériliser le matériel médical dans les institutions comme les maternités, les dispensaires, les centres de santé et même des hôpitaux qui n'ont pas un accès continu à l'énergie électrique.
- La cuisson de quelques aliments.

#### **Les avantages du foyer solaire :**

- La cuisson se fait sans émissions ;
- Elle n'utilise aucun bois ;
- Aucun danger pour la santé ;
- Facilement adaptable en Afrique étant donné le climat.

#### **Les inconvénients**

- La cuisson se fait à l'extérieur ;
- Le temps de préparation pour la nourriture est plus long ;
- La cuisson ne peut pas se faire la nuit or les femmes qui restent aux champs toute la journée ont l'habitude cuisiner le soir ;
- Le feu comme moyen de chauffer la case du villageois la nuit est indispensable dans certaines régions ;
- Le four solaire exige des réparations régulières ;
- Coûteux (plus de 50€) ; four solaire global sun 400€.

### **Ganoune traditionnel**

- Le Ganoune traditionnel fournit un feu puissant, compte tenu de sa forte ventilation. Il ne demande donc pas de surveillance particulière.
- Comme nous avons volontairement limité la quantité de charbon au départ, il a été nécessaire de rajouter du charbon au cours de la cuisson de la boule.
- Ce foyer n'est pas particulièrement stable. La cuisinière cale le foyer avec une pierre et utilise ses pieds pour le maintenir lors du malaxage de la boule.

### **Mixte rond**

- Ce fourneau fonctionne bien avec la marmite n°3, qui repose sur le charbon au départ. Par contre, la marmite n°4 occulte l'ouverture du cône et a tendance à éteindre le feu. Il manque de stabilité à cause d'une base trop étroite.
- Economie de charbon de bois de 31%, temps de cuisson supérieur au Ganoune pour la cuisson de la boule.

### **Sewa**

- Ce fourneau ne peut contenir qu'une quantité limitée de charbon au départ, mais la forme de la chambre de combustion entraîne un feu vif tout au long de la cuisson. Il s'agit du seul foyer pour lequel il n'a pas été nécessaire de rajouter du charbon en cours de cuisson.
- Il est particulièrement stable grâce à son poids.
- Economie de charbon de bois de 34%, temps de cuisson équivalent au Ganoune pour la cuisson de la boule, inférieur pour la cuisson de la sauce.

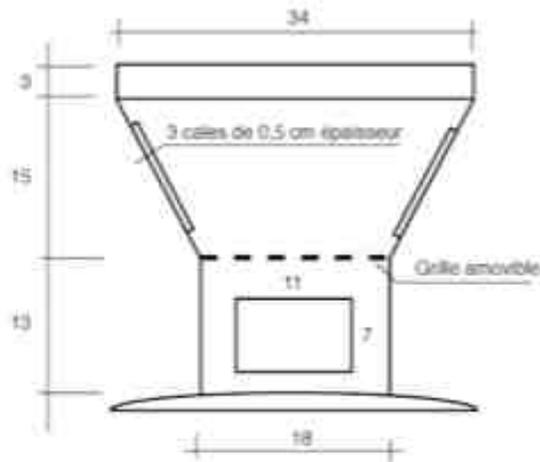
### **Château**

- La chambre de combustion est trop large, ce qui fait que la marmite « flotte » dans le fourneau et que le feu a tendance à s'éteindre.
- Economie de charbon de bois de 32%, temps de cuisson largement supérieur au Ganoune..

### **Abéché**

- La marmite repose assez correctement sur les trois supports le long du tronc de cône, mais la chambre de combustion est trop large, le feu a tendance à s'éteindre.
- Economie de charbon de bois de 28%, temps de cuisson équivalent au Ganoune pour la cuisson de la boule, largement supérieur pour la cuisson de la sauce.

## Foyer à charbon de bois multimarmite en tôle

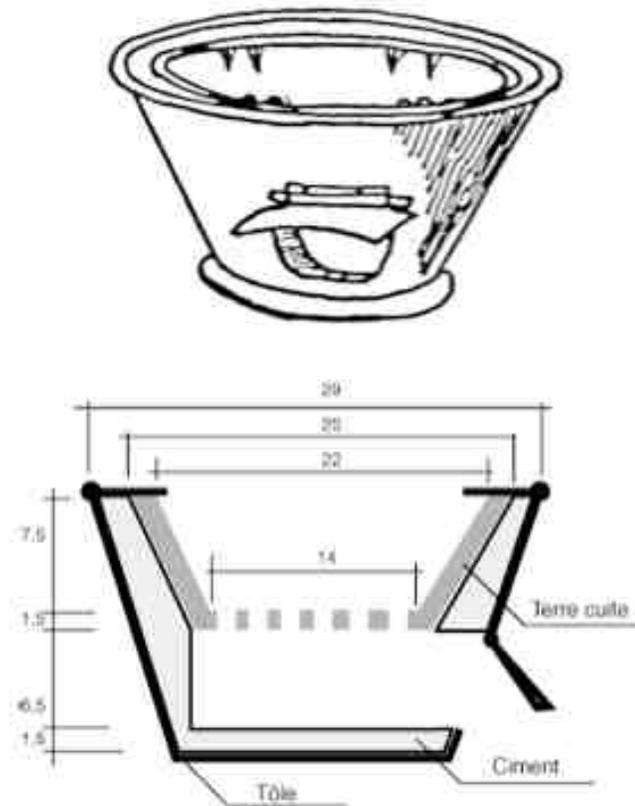


### Description et fabrication

Ce foyer est diffusé au Sénégal sous le nom Sakkamal et au Mali sous le nom Daamu. Il est fabriqué en tôle de récupération à partir de gabarits, assemblé par pliage et rivetage. Un volet permet de fermer l'entrée d'air pour les cuissons à feu doux.

La base du fourneau doit être suffisamment large pour assurer une bonne stabilité. La grille est amovible pour pouvoir être remplacée.

## Foyer à charbon de bois tôle/terre cuite



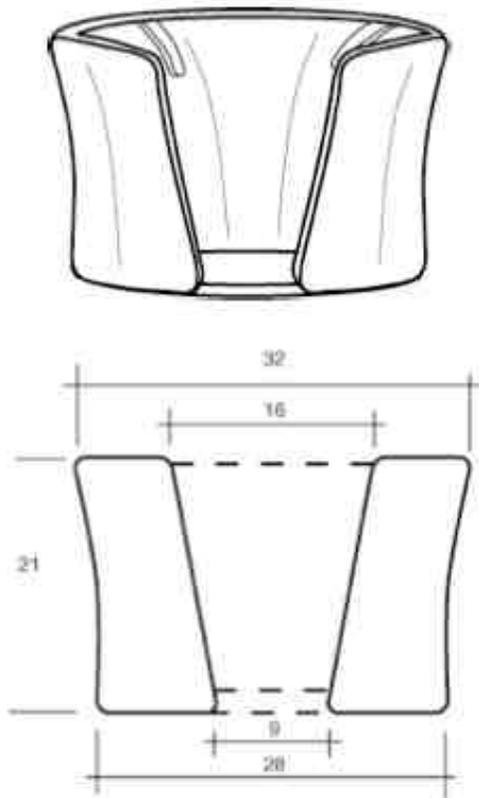
### Description et fabrication

Ce foyer est une version simplifiée du Jiko kenyan. Il a été testé avec succès à Madagascar. La partie métallique est faite d'un seul tronc de cône (ou d'un cylindre) en tôle de faible épaisseur (10/10<sup>ème</sup>). La partie en terre cuite est construite par des potiers par estampage sur des moules internes en bois.

La composition recommandée pour le mélange est la suivante : argile limoneuse : 30 % ; argile grise : 35 % ; chamotte : 30 %.

L'assemblage tôle/terre cuite est fait avec du ciment.

### Foyer Filli en terre cuite



#### Description et fabrication

Ce foyer traditionnel est un cylindre évasé, fendu sur un côté pour permettre l'introduction du bois. Il est fabriqué, en plusieurs tailles, par des potières aux environs de Ndjaména. Un évasement de la partie supérieure est sans doute nécessaire pour qu'il puisse accepter plusieurs tailles de marmites.

La fermeture de la partie supérieure de la partie, pose des problèmes de solidité, pour impact sur la consommation qui ne semble pas significatif.

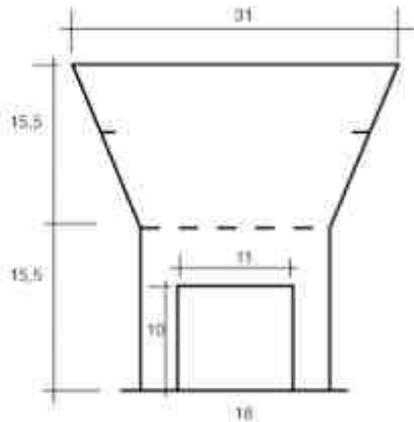


photo si possible

### **Type de fourneau**

Foyer métallique, mixte bois-charbon de bois, multimarmite.

### **Provenance**

Atelier du projet « technologies appropriées » du PNUD (1991). Diffusé par le Programme national gaz en 1997 à quelques centaines d'exemplaires.

### **Matériaux de construction**

Feuilles de tôle neuves, soudées.

### **Description**

Base du foyer cylindrique, entrée d'air unique sans fermeture. Chambre de combustion tronconique, avec trois supports de marmites horizontaux.

### **Remarques**

Finitions imparfaites (soudures de mauvaise qualité).

Fonctionnement correct avec la marmite n° 3. La marmite n°4 occulte la partie supérieure du foyer et étouffe le feu.

### **Tests réalisés**

Boule sauce viande du 20 au 24 février 2001. Economie de charbon de bois de 31% par rapport au Ganoune fil de fer. Temps de cuisson de 9 % supérieur.

## Tableau récapitulatif des actions possibles à réaliser selon les secteurs de la construction

### ▪ Option d'adaptation et leur mise en pratique

Secteur	Argumentaires	Pistes d'action et projets concrets	Financement et Recours aux mécanismes
Cuisson	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'utilisation abusive du bois de feu et du charbon de bois a un impact négatif en termes de déforestation,</li> <li>Amélioration des conditions de travail domestique des femmes liées aux corvées d'eau et de bois, avec diffusion des foyers améliorés et des autres modes de cuisson,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réduire les consommations de bois combustible (passage au butane, foyers améliorés...),</li> <li>Incitation financière à l'usage du GPL dans le cadre des politiques climat avec soutien international.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Etat</li> <li>MDP programmatique</li> <li>Investisseurs privés (briquettes)</li> <li>APD</li> </ul>
Construction neuve	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recherche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Développer la recherche sur les matériaux locaux de construction et leur mise en œuvre,</li> <li>Transferts de technologies</li> <li>Programmes de recherche spécifiques aux pays africains</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APD</li> <li>FEM</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intégration dans les textes réglementaires de normes d'efficacité énergétique,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mettre en place une normalisation progressive de qualité de construction, avec respect des normes obligatoire dans les marchés publics,</li> <li>Intégrer dans les normes de construction de préconisations d'orientation, d'isolation,</li> <li>Inciter les promoteurs immobiliers et les maîtres d'œuvre à intégrer la dimension changement climatique dans la construction,</li> <li>Inciter au respect de la réglementation,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Etat</li> <li>APD</li> <li>FEM</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Opérations démonstratives</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Opérations pilotes</li> <li>Développer les filières locales de matériaux et l'emploi à la place de produits importés.</li> <li>Développer les solutions qui évitent la climatisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Etat</li> <li>Partenariat public-privé</li> <li>APD</li> <li>FEM</li> <li>Banques régionales</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>La promotion des logements adaptés au climat,</li> <li>L'amélioration du confort thermique notamment par des techniques efficaces de rafraîchissement,</li> <li>Diffusion en série</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Développer une construction neuve de haute qualité au moindre coût et économe en énergie,</li> <li>Promouvoir en général les énergies renouvelables,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>MDP Programmatique</li> <li>NAMAs</li> <li>Promoteurs privés</li> <li>Banques</li> <li>Fonds carbone, FEM</li> </ul>
Urbanisme	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dans les zones chaudes et sèches, il faut développer la mitoyenneté et s'orienter vers des constructions collectives du fait de la pression démographique,</li> <li>La question de la restructuration des quartiers informels,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Restructuration des quartiers anciens et périurbains,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Etat</li> <li>APD</li> <li>ONG</li> </ul>

Réhabilitation de l'existant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La réhabilitation des bâtiments existants pour une meilleure adaptation au climat,</li> <li>• La réhabilitation des équipements dans les vieux bâtiments,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réhabilitation des anciens bâtiments pour les adapter au climat et réduire leurs consommations d'énergie,</li> <li>• Le développement des énergies renouvelables en remplacement des combustibles fossiles ainsi que pour la production d'électricité,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etat</li> <li>• APD</li> <li>• NAMAs</li> </ul>
Comportement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La non-connaissance des coûts de fonctionnement des équipements,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'amélioration des comportements,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etat</li> <li>• médias</li> <li>• ONG</li> <li>• Unesco</li> </ul>
Équipements domestiques et tertiaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduire les dépenses d'énergie</li> <li>• Lutter contre les coupures électriques</li> <li>• Développer l'eau chaude sanitaire sans émission de gaz à effet de serre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diffusion lampes basse consommation, électroménager performants, capteurs solaires, équipements de bureau,</li> <li>• Disponibilité et accessibilité des équipements performants</li> <li>• Mettre en place des normes sur les importations et la conception de matériels,</li> <li>• Développer l'efficacité énergétique dans les équipements,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etat</li> <li>• MDP programmatique</li> <li>• NAMAS</li> <li>• APD</li> <li>• FEM</li> <li>• Banques</li> </ul>

▪ **Construction industrialisée**

	<b>Actions à conduire</b>	<b>Moyens, partenaires, actions à mettre en place</b>
<b>Conception générale</b>	Formation de la chaîne d'acteurs	Renforcement des capacités, APD
<b>Enveloppe</b>		
Matériaux	Mise en place d'une filière de fabrication de matériaux locaux	MDP, APD, PPP
Isolation	Isolation des toitures	MDP programmatique, NAMA
Réglementation thermique	Mise en place d'une réglementation thermique	APD
<b>Equipements thermiques</b>		
Rafrâichissement	Développer les puits provençaux	MDP programmatique, NAMA
Climatisation	Limitier le recours à la climatisation active	MDP programmatique
	Développer les pompes à chaleur	MDP programmatique, NAMA
	Développer la climatisation basse consommation	MDP programmatique, NAMA
	Développer la climatisation solaire	MDP programmatique, NAMA
	Développer la climatisation radiative	MDP programmatique, NAMA
	Développer la climatisation par évaporation	MDP programmatique, NAMA
Protections solaires	Protections fixes ou mobiles pour les ouvertures	MDP programmatique, NAMA
	Créer des espaces de transition	MDP programmatique, NAMA
	Protections végétales	MDP programmatique, NAMA
Ventilation	Favoriser la ventilation naturelle	MDP programmatique, NAMA
	Etudier la possibilité d'utiliser la VMC double flux	MDP programmatique, NAMA
<b>Autres équipements</b>		
Eau chaude sanitaire	Favoriser les chauffe-eau solaires	MDP programmatique, coopérations bilatérales et multilatérales
Vitrages/ouvertures	Dimensionnement et emplacement des ouvertures	MDP programmatique, NAMA
	Développement de vitrages absorbants, photochromes, électrochromes	MDP programmatique, NAMA
Production d'énergie	Modules photovoltaïques	NAMA, APD
Eclairage artificiel	Diffusion de lampes basse consommation	MDP programmatique, NAMA
	Tester l'usage des LED	MDP programmatique, NAMA
Appareils électroménagers	Diffusion d'appareils basse consommation	MDP programmatique, NAMA
Cuisson	Promotion d'énergies de substitution comme le GPL	MDP programmatique, NAMA
	Programme de gestion durable des ressources forestières	REDD+, NAMA
<b>Comportement</b>	Campagnes de sensibilisation	MDP, NAMA
<b>Réhabilitation</b>	Programme de réhabilitation des bâtiments	PPP et MDP programmatique
<b>Gestion des déchets ménagers</b>	Production d'électricité à partir du méthane produit par les déchets	MDP, PPP

▪ **Construction par des entreprises artisanales**

	<b>Actions à conduire</b>	<b>Moyens, partenaires, actions à mettre en place</b>
<b>Conception générale/architecture</b>	Formation de la chaîne d'acteur	Renforcement des capacités, APD
<b>Enveloppe</b>		
Matériaux	Mise en place d'une filière de fabrication de matériaux locaux	MDP, APD, PPP
Isolation	Isolation des toitures	MDP, NAMA
<b>Equipements thermiques</b>		
Rafraîchissement	Voir la possibilité du développement des puits provençaux	MDP programmatique, NAMA
Climatisation	Limiter le recours à la climatisation active	MDP programmatique
	Voir la possibilité du développement des pompes à chaleur	MDP programmatique, NAMA
	Développer la climatisation basse consommation	MDP programmatique, NAMA
	Voir la possibilité du développement de la climatisation solaire	MDP programmatique, NAMA
	Développer la climatisation radiative	MDP programmatique, NAMA
	Développer la climatisation par évaporation	MDP programmatique, NAMA
Protections solaires	Protections fixes ou mobiles pour les ouvertures	MDP programmatique, NAMA
	Créer des espaces de transition	MDP programmatique, NAMA
	Protections végétales	MDP programmatique, NAMA
Ventilation	Favoriser la ventilation naturelle	MDP programmatique, NAMA
<b>Autres équipements</b>		
Eau chaude sanitaire	Favoriser les chauffe-eau solaires	MDP programmatique, coopérations bilatérales et multilatérales
Vitrages/ouvertures	Dimensionnement et emplacement des ouvertures	MDP programmatique, NAMA
Production d'énergie	Modules photovoltaïques	NAMA, APD
Eclairage artificiel	Diffusion de lampes basse consommation	MDP programmatique, NAMA
Appareils électroménagers	Diffusion d'appareils basse consommation	MDP programmatique, NAMA
Cuisson	Diffusion de foyers améliorés	MDP programmatique, NAMA
	Diffusion d'autres énergies comme le GPL	MDP programmatique, NAMA
	Programme de gestion durable des ressources forestières	REDD+, NAMA
<b>Comportement</b>	Campagnes de sensibilisation	MDP programmatique, NAMA
<b>Réhabilitation</b>	Programme de réhabilitation des bâtiments	PPP et MDP programmatique

▪ **Construction informelle**

	<b>Actions à conduire</b>	<b>Moyens, partenaires, actions à mettre en place</b>
<b>Enveloppe</b>		
Matériaux	Limiter le recours à la tôle ondulée	MDP programmatique
	Favoriser l'usage de matériaux locaux	MDP programmatique, APD, PPP
Isolation	Isolation des toitures	MDP programmatique, NAMA
<b>Equipements thermiques</b>		
Rafraîchissement	Limiter le recours à des systèmes de rafraîchissement par une inertie thermique adaptée	MDP programmatique, NAMA
Protections solaires	Protections fixes ou mobiles pour les ouvertures	MDP programmatique, NAMA
	Créer des espaces de transition	MDP programmatique, NAMA
	Protections végétales	MDP programmatique, NAMA
Ventilation	Favoriser la ventilation naturelle	MDP programmatique, NAMA
<b>Autres équipements</b>		
Vitrages/ouvertures	Dimensionnement et emplacement des ouvertures	MDP programmatique, NAMA
Production d'énergie	Modules photovoltaïques	MDP programmatique, NAMA
Eclairage artificiel	Diffusion de lampes basse consommation	MDP programmatique, NAMA
Cuisson	Diffusion de foyers améliorés	MDP programmatique, NAMA
	Diffusion d'autres énergies comme le GPL	MDP programmatique, NAMA
	Programme de gestion durable des ressources forestières	REDD+, NAMA
<b>Comportement</b>	Campagnes de sensibilisation	MDP programmatique, NAMA
<b>Réhabilitation</b>	Programme de réhabilitation des bâtiments	PPP et MDP programmatique





