

ÉNERGIES DURABLES ET DÉVELOPPEMENT EN MILIEU RURAL EN AFRIQUE.

DOSSIER PÉDAGOGIQUE

FICHE N° 1.

- L'ÉNERGIE ET LE DÉVELOPPEMENT

FICHE N° 2.

- LES CHOIX ÉNERGÉTIQUES EN MILIEU RURAL, L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET LA PLACE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

FICHE N° 3.

- LA CUISSON DES ALIMENTS

FICHE N° 4.

- L'APPROVISIONNEMENT EN EAU

FICHE N° 5.

- L'ACCÈS À L'ÉLECTRICITÉ ET SES APPLICATIONS DOMESTIQUES

FICHE N° 6.

- L'HABITAT : MATÉRIAUX ET CONFORT DE VIE

FICHE N° 7.

- L'ÉNERGIE DANS LES STRUCTURES DE SANTÉ

FICHE N° 8.

- LES TÉLÉCOMMUNICATIONS

FICHE N° 9.

- L'ACCÈS À L'ÉNERGIE ET SES UTILISATIONS DANS L'AGRICULTURE

FICHE N° 10.

- L'ÉNERGIE ET LES TRANSFORMATIONS ALIMENTAIRES



FICHE N° 9

L'ACCÈS À L'ÉNERGIE ET SES UTILISATIONS DANS L'AGRICULTURE

Auteurs
Alain TRAORE - Fabrice THUILLIER



Que peut-on dire de la situation actuelle ?

En Afrique et plus particulièrement subsaharienne, à l'aube de la 2^{ème} décennie du XXI^{ème} siècle, force est de constater que le secteur agricole et post récolte reste le parent pauvre de l'énergie et des équipements énergétiques modernes. Encore aujourd'hui, alors que 50 à 75 % de la population active africaine vit de l'activité agricole, elle se trouve toujours confrontée à l'épineuse question de la mécanisation du travail de la terre.

Depuis quelques décennies, la demande énergétique en milieu rural a pourtant évolué significativement avec le développement de certaines filières agricoles de rente tournées vers l'exportation comme le coton. La volonté de valoriser localement les productions vivrières et une urbanisation même timide en milieu rural s'ensuit.

Encore aujourd'hui, les besoins énergétiques de l'agriculture sont essentiellement satisfaits par ce qu'on appelle les énergies traditionnelles ; comme l'énergie physique produite par l'Homme et le recours à l'usage du bois énergie, etc..

Les principales évolutions viennent du recours à la traction animale pour le labour ou aux aménagements hydrauliques pour l'irrigation.

Cette situation globalement critique du monde agricole peut être considérée comme la principale cause des situations d'insécurité alimentaire, de la faible espérance de vie qui subsiste dans le milieu rural africain.

Certains auteurs¹ sur la question expliquent que les populations rurales africaines sont quasiment privées d'accès aux sources énergétiques conventionnelles ou modernes, car ces pays souffrent d'une incapacité d'investissement due au manque de devises résultante de plusieurs facteurs micro et macro économiques, socioculturels et politiques. Les pouvoirs publics locaux et l'aide internationale n'ont pas encore pris la mesure des enjeux que constitueraient des moyens conséquents dans ce secteur en matière de lutte contre la pauvreté.

9

SOMMAIRE

- Que peut-on dire de la situation actuelle **P.1**
- Pourquoi et comment améliorer l'accès à l'énergie dans le monde agricole ? **P.2**
- Références bibliographiques **P.11**

1. Pathé Bolé Dieng (Energie solaire et développement productif des technologies modernes dans le monde rural Africain) Source africEsor

Malgré ce constat peu reluisant de la situation du milieu rural agricole en termes d'offre et de demande énergétiques conventionnelles, le continent n'est pas sans véritables potentialités en termes de ressources énergétiques, jusque là peu ou pas exploitées. Par exemple, on estime que le continent africain représente 35% du potentiel hydraulique non exploité de la planète, soit 200 000 MW sur 565 000 MW sachant que l'exploitation actuelle concerne à peine 7% du total disponible.

D'autres sources d'énergie renouvelables, tel que le solaire, sont aussi largement sous exploitées dans le milieu agricole.

Pourquoi et comment améliorer l'accès à l'énergie dans le monde agricole ?

Améliorer l'accès à l'énergie dans le secteur agricole, constitue un véritable défi compte tenu de l'évolution démographique du continent, des besoins alimentaires correspondants et des impacts attendus en matière de la lutte contre la pauvreté.

L'une des premières priorités dans les efforts en matière d'accès à l'énergie concerne :

La mécanisation de la production agricole

Alors que le labour est un procédé qui requiert généralement beaucoup de force, pour bon nombre de paysans du monde rural africain, l'utilisation de la « daba » toujours d'actualité, est donc un facteur limitant fortement les surfaces emblavées maintenant ces acteurs dans une agriculture de subsistance.

Ce manque d'accès à l'énergie moderne sur les exploitations agricoles peut être considéré comme l'une des contraintes majeures à la croissance de la production agricole.

En effet la productivité agricole est directement corrélée aux moyens de production comme le signifie l'enquête ci-dessous :



Photo : Alain TRAORE

Le travail traditionnel de la terre

2]

Ce qu'il faut en terme de main d'oeuvre pour préparer un hectare de terre en utilisant la traction animale ne représente que 12% de ce qui est requis quand on utilise le travail manuel. Quand on utilise un tracteur avec une charrue, ce pourcentage descend à moins de 1%, ce qui accroît énormément la productivité en termes de main d'oeuvre. Au Burkina Faso, au Mali et au Togo les champs des planteurs de coton qui utilisent la traction animale sont de 1,3 à 3,6 fois plus grands que les exploitations qui dépendent uniquement du travail manuel (Caumont, 1995).

Pour en savoir plus : Document de la FAO. LA MOTORISATION EN AFRIQUE DE L'OUEST

Enquête sur l'utilisation actuelle et les conséquences du labour fait avec des machines propulsées par moteur. Gert van der Meijden ; mai 1998

L'un des premiers moyens de mécanisation agricole faisant appel à une source d'énergie autre que l'humain est le labour à traction animale.



Photo : Alain TRAORE

Paysans tirant une charrue avec des bœufs

En Afrique, seul 16% des terres cultivées sont préparées avec l'usage de la traction animale (Mrema, 1996).

Dès lors que l'on passe à l'utilisation d'un équipement motorisé : motoculteur ou bien tracteur, c'est seulement 4% des terres qui font appel à une puissance mécanique alimentée par un moteur thermique ayant recours à un carburant.



Photo : Alain TRAORE

Usage du tracteur pour le labour

Cette situation comparée aux autres continents fait de l'agriculture africaine la moins compétitive. Mais le modèle agricole que l'on connaît dans les pays occidentaux n'est pas pour autant un modèle à répliquer compte tenu des impacts sociaux (exode rural) et environnementaux (pollution des sols) qui, pour le continent africain, serait désastreux.

Aujourd'hui, la libéralisation du secteur primaire qui a accompagné le désengagement des Etats sur fond de programmes d'ajustement structurel laisse le producteur, seul face à sa précarité.

Faute d'une capacité d'investissements suffisante à l'échelle de l'exploitation familiale, l'accès à des équipements mécanisés à titre individuel n'est pas envisageable pour la grande majorité des paysans africains.

Aussi, l'amélioration de leur situation passe par des systèmes de mutualisation de moyens qui nécessitent à la fois une volonté collective et un accompagnement spécifique des partenaires techniques et financiers en faveur de la structuration du monde rural.

Dans la plupart des pays d'Afrique, il existe déjà des initiatives dans ce sens. On peut citer l'expérience des CUMA qui, comme au Bénin, sont un exemple d'une amélioration de la situation énergétique rurale.

[3

L'expérience des CUMA au Bénin

Les CUMA (Coopérative d'Utilisation de Matériel Agricole) permettent à des exploitants agricoles de se mécaniser en utilisant le principe de la mutualisation des charges. Il s'agit de réaliser un investissement en commun et de se répartir ensuite l'utilisation. Ce principe est adapté aux investissements mécaniques lourds (tels les tracteurs) et lorsque la CUMA regroupe des exploitants agricoles géographiquement proches.

Une CUMA comporte en moyenne 10 agriculteurs pour 100 ha environ. L'équipement moyen se compose d'un tracteur (70 CV), d'une charrue, d'une remorque (3 tonnes), représentant un investissement d'environ 10 millions FCFA¹. Ce capital est autofinancé à hauteur de 20% par les adhérents, les 80% restant étant empruntés (emprunts sur 4 ans, taux annuel de 13%). Ramené à un coût d'utilisation à l'hectare, l'investissement, le remboursement de l'emprunt et l'entretien reviennent à 32 000 FCFA.

Fin 2006, le programme d'accompagnement de la mécanisation partagée concernait 19 CUMA regroupant 210 agriculteurs pour une surface de 2200 ha et utilisant 23 tracteurs.

1 > Taux de change : 1€ = 657 FCFA

Afin de soutenir les exploitants à mettre en place ces coopératives, une union régionale a été créée. Celle-ci poursuit deux objectifs :

1. Soutenir techniquement et financièrement les CUMA en développant des services collectifs appropriés (formations techniques)
2. Développer une capacité de proposition en matière de développement de la mécanisation au Bénin.

Les CUMA sont soutenues par l'État Béninois et des partenaires au Nord (dont la fédération des CUMA de France).

Pour en savoir plus : Portail des CUMA au Bénin - <http://www.cumabenin.com/>

L'amélioration des conditions d'exercices des activités agricoles ne se résume pas à la question de la mécanisation du travail de la terre. Aujourd'hui, l'autre défi majeur qui se pose au monde agricole concerne l'accès à l'eau pour la production agricole.

La place de l'énergie dans l'accès à l'eau pour la production agricole.

Le développement agricole, pour répondre à la demande alimentaire croissante de plus en plus diversifiée, passe nécessairement par la maîtrise de l'irrigation des cultures.

Il y a encore quelques décennies, les systèmes de production agricole familiale destinés en grande partie à l'autoconsommation étaient limités aux cultures pluviales, se satisfaisant des ressources en eau apportées par la saison des pluies.

Avec le développement de l'agriculture de contre saison, les cultures maraîchères notamment ont entraîné des besoins en eau spécifique, nécessitant des systèmes d'exhaure de l'eau.

L'irrigation à partir de puisards traditionnels est devenue une pratique courante. Là encore, le recours à la force manuelle pour extraire l'eau et la transporter aux champs reste encore aujourd'hui majoritaire.

par des artisans et vulgarisées par des programmes de développement, elles répondent en grande partie aux besoins des exploitations familiales.



Photo : Alain TRAORE

Irrigation par pompage à pédale

Plus récemment, le pompage motorisé a fait son apparition. L'introduction de moto-pompes à eau va considérablement diminuer la pénibilité de la corvée d'eau, notamment des producteurs et en particulier des femmes productrices.

système de motopompe



Photo : Alain TRAORE

4]



Photo : Alain TRAORE

Arrosage manuel des cultures

Néanmoins, le passage à l'irrigation par pompage mécanisé s'est rapidement répandu pour répondre à l'augmentation des surfaces cultivées nécessitant des quantités et un débit d'eau plus importants.

Avec les systèmes de pompes à pied (à pédale), l'énergie motrice humaine est démultipliée. Fabriquées localement

Cependant, quelque soit le modèle de pompe motorisée, le système d'aspiration et de refoulement nécessite une puissance mécanique dont le fonctionnement recourt le plus souvent à une énergie fossile (gaz, oil ou essence), le pompage solaire ou éolien étant beaucoup moins répandu (manque de souplesse de fonctionnement, immaturité technologique entraînant des défauts de fiabilité).

Le recours au pompage motorisé devrait s'étendre du fait de l'évolution croissante des besoins. Mais cette tendance va se trouver confrontée à deux contraintes majeures :

- La baisse inexorable de la disponibilité de l'eau en surface à cause de la pression croissante de l'homme sur les ressources hydriques qui va nécessiter d'aller chercher l'eau toujours plus profondément et donc d'avoir recours à des motopompes toujours plus puissantes, ce que peu de producteurs pourront se permettre.
- La cherté croissante des produits dérivés du pétrole qui va entraîner des coûts de production de plus en plus élevés auxquels nombre de producteurs ne pourront pas faire face.

Comme pour la mécanisation du travail de la terre, les solutions d'avenir passent par des équipements performants sur le plan énergétique, avec notamment le recours aux énergies modernes renouvelables couplées à des schémas innovants en matière d'accès aux équipements.

C'est déjà le cas dans plusieurs pays africains où des initiatives d'accès à l'irrigation sans nécessiter un investissement matériel par le producteur grâce au principe de la location-vente ont déjà cours avec un certain succès qui pourrait se généraliser si les pouvoirs publics et les programmes d'aide s'en inspirent.

La location-vente de motopompe à Tombouctou

L'agriculture de la région de Tombouctou a été activement soutenue dans les années 70, suite à la sécheresse qu'a connue la région. Ceci a entre autre contribué à l'introduction de motopompes. Depuis, des expériences ont été initiées pour remplacer le parc existant.

L'introduction de moteurs indiens à moindre coût a permis d'introduire le système de la « location - vente » autour de Tombouctou. Elle consiste à fixer le prix du groupe motopompe à l'avance et de répartir ce prix sur un certain nombre d'années, habituellement trois ans. L'exploitant paye l'annuité après chaque campagne, soit en espèce, soit en nature (cette dernière variante est la plus courante). Au terme des trois ans, la motopompe revient à l'exploitant.

Les engagements des deux parties sont prévus dans un contrat (oral ou verbal) : description des annuités, définition des responsabilités en cas d'incident ou de rupture du contrat. Tant que les deux parties respectent leurs engagements, les choses se passent bien. En revanche, lorsqu'une partie ne respecte plus ses engagements (souvent l'exploitant), alors la situation se complique d'autant qu'il n'y a pas de protocole d'accord écrit et dûment signé au départ par les deux parties.

Le système de « location-vente » a permis l'introduction auprès des paysans de Tombouctou et Diré d'une cinquantaine de motopompes indiennes entre 6 et 8 CV.

[5

La location-vente à Madagascar – l'expérience des CECAM

Les Caisses d'Épargne et de Crédit mutuel de Madagascar (CECAM) proposent un système de location-vente qui permet aux sociétaires d'acquérir en 6 à 36 mois des matériels et équipements en vue de développer leurs activités.

Les principes de base de la location-vente sont les suivants :

1. Le CECAM reste propriétaire du bien jusqu'à ce qu'il soit entièrement payé par le bénéficiaire (valeur initiale + intérêts + frais). Celui-ci est alors considéré comme locataire.
2. Le locataire fait l'objet d'une sélection
3. Le locataire autofinance une partie du bien (entre 10 à 30%) ; cette contribution est versée au début de la location, afin d'accroître la responsabilisation du locataire.
4. En cas de défaillance de paiement du loyer, le CECAM peut reprendre son bien.

En 2006, 2 422 contrats de location-vente étaient en cours (dont par exemple 169 motoculteurs). Pour le matériel agricole, le CECAM propose des taux mensuel de 2,5%.

Pour en savoir plus : <http://www.fondation-farm.org>

L'accès à l'énergie pour la conservation-transformation post récolte des produits agricoles en milieu rural

Réduire la question de l'accès à l'Énergie dans le monde rural agricole aux activités de production agricole serait faire fi de la situation qui prévaut en aval, c'est-à-dire dans le cadre des activités « post-récolte » de conservation primaire ou de transformation secondaire des produits vivriers.

En effet, la sécurité alimentaire ne se mesure pas seulement à la quantité de matière première récoltée. L'une des clés du système repose sur les moyens et pratiques en matière de conservation post-récolte.

Là encore, force est de constater que la situation aujourd'hui dans le monde rural n'a que très peu évolué depuis un siècle et que les pratiques traditionnelles se font sans apport spécifique d'applications énergétiques modernes.

Les limites du stockage traditionnel dit « bord champ ».

Dans le cas des céréales (mil, sorgho, riz maïs), le séchage à l'air libre avant entreposage est la seule pratique répandue car elle ne nécessite aucun investissement en équipements et se fait sans coût spécifique.

À l'époque coloniale, il existait quelques silos à grains modernes mais seulement pour les aménagements agricoles para étatiques qui, depuis, ont été abandonnés.

L'aménagement d'aires de séchage « bord champs » ou de surface en toiture est une pratique courante en milieu rural africain notamment sahélien, s'accommodant des conditions climatiques.



Photo : Alain TRAORE

le séchage traditionnel du riz paddy

Ce séchage naturel permet dans la plupart des cas de stabiliser la teneur en eau des grains physiologiquement mûrs.

Cette pratique traditionnelle est à la fois limitée aux zones climatiques favorables comme le sahel, de plus en plus remise en cause par les aléas climatiques qui, dans ce cas, rend les productions vulnérables pendant le stockage.

Pour les zones humides du golfe de guinée ou proches de l'équateur, avec deux périodes de précipitations annuelles, les conditions de séchage en pré-stockage ne sont pas optimales.

Pour les spéculations telles que les tubercules (manioc, igname ou patate), la problématique de la conservation demeure, à tel point que les pratiques traditionnelles entraînent en moyenne 30 % de pertes annuelles.

Or, il existe des procédés satisfaisants pour améliorer la préparation au stockage des productions agricoles et par la suite des équipements pour améliorer la conservation sur une période plus longue.

Bien sûr, ces technologies nécessitent à la fois un investissement matériel et parfois une source d'énergie primaire pour fonctionner.

Le séchage ventilé « bord-champ »

Afin de stabiliser certaines productions agricoles, les paysans en Europe utilisent ce qu'on appelle des groupes d'air chaud.



Photo : GERES

groupe d'air chaud

Il s'agit d'un ventilateur couplé à un appoint thermique (gaz, électrique ou fuel) qui propulse de l'air réchauffé dans le stock à conserver, qui pour l'occasion est installé sur caillebotis ou dans des bacs de stockage.

Ces groupes d'air chaud, pour la plupart mobiles, existent en différentes tailles adaptées aux objectifs quantitatifs et aux contextes locaux.

Comme pour la plupart des équipements énergétiques, la vulgarisation de ce type d'équipements en contexte africain n'est pas tant une question de transfert de technologie qu'une question de mise en place de systèmes organisationnels collectifs permettant, sur une aire géographique, que plusieurs paysans puissent en partager l'usage, de manière à lever la contrainte d'investissement et mutualiser les coûts de fonctionnement.

Des bâtiments de stockage amélioré

Depuis quelques années, plusieurs programmes de développement ont cherché à améliorer aussi les conditions de conservation des produits agricoles au cours du stockage

C'est le cas en zone sahélienne d'un programme sous régional DIPAC qui a développé des bâtiments de stockage d'oignons et de pommes de terre, adaptés au contexte local.

Au Burkina Faso, la SOGCAM est une coopérative de 80 membres dont le siège est à Gouran dans le Sourou. Cette coopérative travaille sur les périmètres irrigués de Guiédougou et produit la pomme de terre, l'oignon et le haricot vert. Etant située en zone rurale elle ne possède pas d'infrastructure adéquate (chambre froide) pour le stockage de la pomme de terre de ses membres. Avec l'appui du projet DIPAC et de l'Association des Professionnels de l'Irrigation Privée et des Activités connexes (APIPAC), elle bénéficiera d'une cave de conservation de pomme de terre entièrement réalisée en matériaux locaux répondant aux caractéristiques suivantes :

Il s'agit d'un caveau de 3 m x 5 m de 4 m de profondeur sur lequel est bâti une maisonnette en banco double pente recouverte d'une toiture en paille. Le volume du caveau et la taille de la maisonnette dépendent des capacités de stockage souhaitées. Ce procédé a permis de rallonger la durée de conservation de la pomme de terre utilisée plus tard comme semence.



Photo : Alain TRAORE

Magasin bioclimatique de stockage de la pomme de terre

Le principe technologique de ce type de bâtiment est bioclimatique, c'est-à-dire qu'il propose des solutions passives (sans recours à une énergie thermique ou électrique) pour améliorer les conditions thermo-hygrométriques à l'intérieur, favorable à une meilleure conservation des produits.

Il s'agit d'optimiser la taille des ouvrants selon l'orientation du bâtiment, l'épaisseur des murs, le choix des matériaux, l'usage du refroidissement nocturne ou encore du puits canadien. Ces technologies bien que peu onéreuses s'incorporent dans des infrastructures qui doivent être pensées avec les bénéficiaires en terme d'exploitation et de gestion collective.

Pareillement, la culture de l'oignon, très développées en Afrique sub sahélienne et particulièrement dans les pays comme le Niger, le Mali, le Burkina Faso, le Cameroun etc., où elle est pratiquée sous forme de culture de contre saison entraîne des stratégies d'écoulement où la place du stockage est d'autant plus importante que la valeur du stock augmente avec la baisse de l'offre sur le marché.

A défaut de systèmes de stockage performants, les producteurs qui sont en capacité de stocker pour une plus value ultérieure utilisent pour la plupart des cases traditionnelles de conservation d'oignon appelés « roudous » au Niger.

Là encore, des programmes de développement ont réussi à introduire des bâtiments de stockage en dur (mur en banco) de type « bioclimatique » comme pour la pomme de terre où la ventilation naturelle et l'inertie thermique améliore les conditions de stockage.



Photo : Alain TRAORE

La présence de magasins dotés de systèmes actifs de type « ventilo rafraîchissement » voire « production de froid » n'est pas du tout répandue en milieu rural car la filière est organisée de telle sorte que la commercialisation se concentre très vite au niveau de commerçants grossistes installés pour la plupart en ville. À ce niveau, les techniques restent rudimentaires, si ce n'est pour le plus important au Niger, qui vient de s'équiper de bâtiments réfrigérés.

Exemple de magasin de stockage d'oignon par l'APIPAC

8]

L'accès à des équipements énergétiques plus performants que les pratiques traditionnelles pour le stockage des denrées n'est finalement pas tant une problématique technique si on considère les avantages que peuvent apporter des systèmes « bioclimatiques » pour ce qui est du contexte sahélien.

Il pose plutôt la question de savoir qui peut bénéficier de ces avancées technologiques dont la maîtrise peut créer un avantage comparatif par rapport aux autres acteurs dans les filières concernées.

C'est pourquoi, en milieu rural, les apports en technologie « énergétique » sont à conditionner à une structuration ad hoc des producteurs qui leur permettent d'en profiter et de pouvoir engager un nouveau rapport de force « économique » avec les acteurs en aval, le tout dans une logique de filière durable.



Les innovations énergétiques dans la petite transformation

Le cas du séchage amélioré pour la stabilisation des produits céréaliers transformés ou la transformation des fruits.

L'évolution des modes de vie dans les centres urbains africains a considérablement fait évoluer les habitudes alimentaires des populations par rapport au milieu rural.

Aussi, les nouveaux besoins urbains ont ouvert la voie à de nouvelles activités agro-alimentaires comme la fabrication de produits céréaliers stabilisés, c'est-à-dire « prêt à l'emploi ».

Ainsi, ce nouveau marché a entraîné de nouveaux besoins technologiques qui, eux-mêmes, mettent en jeu des ressources énergétiques jusque là non exploitées, notamment lorsqu'il s'agit de « stabilisation » agro-alimentaire à l'échelle artisanale. C'est ainsi qu'une exploitation rationnelle de l'énergie solaire a pu être valorisée à travers une technologie de séchage, le séchoir « coquillage » qui répond au besoin.



Photo : GERES

Séchage solaire à l'aide des séchoirs coquillage au Burkina Faso

Au-delà de la technologie qui a trouvé sa place dans ce type de filière, des programmes comme celui d'ABAC-GERES, puis d'Afrique Verte au Burkina Faso ont permis un accompagnement des porteurs de projets productifs pour un développement significatif de ce type d'activité.

Mme Martine Wandé a bénéficié de l'appui d'Afrique Verte Burkina Faso dans le cadre de son programme de promotion des produits céréaliers transformés.

Afin de développer une gamme de produits de qualité, elle a acquis à travers le réseau des artisans soudeur formés entre 1995 et 1999 par le programme ABAC-GERES, 5 séchoirs solaires coquillage qui lui permettent aujourd'hui de sécher dans de bonnes conditions (à l'abri de la poussière et des nuisibles) différents produits céréaliers transformés qu'elle écoule sur le marché rural et urbain. Chaque séchoir qui coûte chacun 65.000 FCFA, lui permet de sécher quotidiennement 10 kg de produit frais. D'entretien facile, ce séchoir qui utilise le principe de l'effet « corps noir » pour augmenter la température ambiante a une durée de vie de plus de 7 ans, moyennant le renouvellement annuel des tamis de claie.

[9

Au-delà de cet exemple réussi d'une exploitation rationnelle de l'énergie « solaire » pour le séchage, il existe d'autres activités agroalimentaires de séchage en Afrique de l'Ouest dont les caractéristiques intrinsèques rendent le recours à l'énergie « solaire » insuffisante. C'est le cas du séchage de fruits dans des conditions d'humidité plus forte, avec un rythme tout au long de l'année, (quels que soient les apports solaires) et avec la nécessité de maîtriser les paramètres de température au long du process pour obtenir un produit standardisé.

Dans ce cas, un apport thermique supplémentaire est nécessaire et justifie le développement de séchoirs « hybrides » solaire-gaz pour palier aux limites de l'énergie solaire. L'apport solaire, même s'il devient « minoritaire » dans la dépense énergétique, n'en est pas moins utile pour limiter au maximum la facture énergétique. Sur un séchoir, développé au Sud Bénin

par GERES et appelé « Maxicoq », les calculs montrent que l'économie d'énergie par rapport au modèle équivalent « 100 % gaz » est de l'ordre de 25 %, ce qui avec l'augmentation structurelle des prix des énergies fossiles, devient un atout compétitif.



Photo : GERES

Modèle de séchoir « solaire-gaz » Maxicoq en fonctionnement au Sud Bénin

La nécessité du recours à une énergie motrice performante dans l'allègement des tâches : le cas du battage du mil

Dans plusieurs régions de la zone sahélienne et notamment au Niger, le mil est la céréale de base la plus consommée tant en milieu rural qu'urbain et conditionne la vie des populations rurales des zones de production en période de récolte ou de soudure.

Pourtant, l'opération d'égrainage du mil nécessaire à sa transformation continue d'être pratiquée de manière rudimentaire, c'est à dire au « pilon / mortier ». Pour cette activité, particulièrement pénible physiquement, une femme, passe en moyenne **3 à 4 jours de travail pour produire un sac de 100 kg de grain de mil**, soient 9 bottes égrainées.

Pour celles qui battent le mil au foyer, l'analyse de la journée type d'une femme rurale montre qu'elle y consacre près d'une **journée complète tous les 3 jours pour ses besoins familiaux**, période durant laquelle elle est obligée de déléguer ses autres tâches ménagères aux filles du foyer, entraînant ainsi leur déscolarisation.



Réduire la pénibilité du travail de traitement des céréales

La non-mécanisation de cette activité de transformation primaire du mil s'explique en partie par la petitesse du grain comparé au maïs qui rend plus complexe le traitement mécanisé. Très peu d'expérimentations en matière d'équipements ont été développées par les centres de recherche agricoles ou les ONG techniques et celles qui consistaient, sur le principe du pompage, à développer un matériel manuel non motorisé, ont été des échecs car elles ne permettaient pas un gain significatif par rapport à la méthode traditionnelle.

Malheureusement, cette situation constitue un véritable **frein à l'allègement des tâches féminines** dont les conséquences vont jusqu'à expliquer la faible scolarisation des jeunes filles mobilisées pour cette corvée ou d'autres.

Dans ce contexte, le recours à la motorisation du procédé de battage devient donc incontournable et c'est pourquoi le GERES a choisi, après une revue de l'état de l'art, d'appuyer le développement technologique d'une batteuse motorisée au Niger dans le cadre d'un atelier technologique qui disposait déjà d'une expérience de recherche développement.

En 2007, une version aboutie d'un modèle de batteuse « artisanale » a été mise sur le marché. Elle a été conçue pour s'insérer dans le contexte local, c'est-à-dire une machine dont la taille et le caractère mobile permettent un fonctionnement en brousse pour un battage quotidien au long de l'année et qui puisse être acquise par un groupement de femmes pour un service à l'échelle de plusieurs villages.



un exemplaire d'une batteuse à mil en cours de vulgarisation au Niger

Les choix techniques et notamment énergétiques ont été pensés pour permettre une viabilité économique à moyen terme sur la base des coûts de prestations traditionnelles. L'augmentation du coût du gasoil est un facteur discriminant qui oblige à travailler l'optimisation de sa consommation en adéquation avec la capacité de battage.

Avec la vulgarisation de cette technologie, le GERES travaille aussi au **développement local d'une alternative au gasoil par la production d'agrocarburants** qui permette de ne pas être tributaire de l'augmentation structurelle du prix des produits pétroliers dans les pays non producteurs.

Cet exemple montre à quel point l'accès à l'énergie dans le monde rural agricole africain a encore beaucoup de chemin à parcourir et que celui-ci est jalonné d'embûches, qu'elles soient liées au coût croissant des énergies fossiles ou bien à la capacité locale d'appropriation au service du plus grand nombre.

Les enjeux qui en découlent en matière de lutte contre la pauvreté justifient une approche globale de l'accès à l'énergie dans les politiques de développement économique local.



Bibliographie :

- Gert van der Meijden ; La motorisation en Afrique de l'ouest ; Enquête sur l'utilisation actuelle et les conséquences du labour fait avec des machines propulsées par moteur mai 1998
- Pathé Bolé Dieng ; Énergie solaire et développement productif des technologies modernes dans le monde rural Africain ; les pages d'afric'Essor 2008
- Abdoulaye Ba ; Énergie pour un développement durable de l'Afrique in Thematic meeting I.2 science and Énergy. 2005
- Caumont A.; M. Havard; J.C. Lassaux; Le Thiec G., Piro (1995) Évolution et effets de la mécanisation agricole. Exemples en traction animale et en motorisation CIRAD-SAR
- Mrema, G.C. (1996) Agricultural development in Sub Saharan Africa: An engineer's perspective Paper presented at a regional workshop on agricultural mechanization in Africa organized by FARMESA, Arusha, Tanzania, 30th September - 1st October 1996

Sites Internet :

- Site du RIAED - Réseau International d'Accès aux Energies Durables : <http://www.riaed.net/>
- Site de l'accès aux services énergétiques en Afrique de l'Ouest : www.energie-omd.org
- Site du mémento de l'agronome : <http://memento.cirad.fr/livre.html>
- Site de la FAO - Volet Techniques et Matériels agricoles : <http://www.fao.org/ag/ags/subjects/fr/farmpower/index.html>
- Site de YIL Agence, dédié à la veille technologique internationale sur l'énergie et les énergies renouvelables : <http://www.planetenergie.org>

Auteurs
Alain TRAORE - Burkina Faso
courriel : alaintrao@yahoo.fr
Fabrice THUILLIER - GERES - 2, cours Foch
13400 Aubagne - France



Édition : YIL Agence - Mars 2009
7 bis, rue Decrès, 75014 - Paris.
Tél : 01 45 45 17 49 - Fax : 01 45 45 19 34
<http://www.yilagence.org>
Courriel : yilagence@planetenergie.org
ISBN : 978-2-918222-08-8
Dépôt légal : Mars 2009



ÉNERGIES DURABLES ET DÉVELOPPEMENT EN MILIEU RURAL EN AFRIQUE.

DOSSIER PÉDAGOGIQUE

FICHE N° 1.

- L'ÉNERGIE ET LE DÉVELOPPEMENT

FICHE N° 2.

- LES CHOIX ÉNERGÉTIQUES EN MILIEU RURAL, L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET LA PLACE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

FICHE N° 3.

- LA CUISSON DES ALIMENTS

FICHE N° 4.

- L'APPROVISIONNEMENT EN EAU

FICHE N° 5.

- L'ACCÈS À L'ÉLECTRICITÉ ET SES APPLICATIONS DOMESTIQUES

FICHE N° 6.

- L'HABITAT : MATÉRIAUX ET CONFORT DE VIE

FICHE N° 7.

- L'ÉNERGIE DANS LES STRUCTURES DE SANTÉ

FICHE N° 8.

- LES TÉLÉCOMMUNICATIONS

FICHE N° 9.

- L'ACCÈS À L'ÉNERGIE ET SES UTILISATIONS DANS L'AGRICULTURE

FICHE N° 10.

- L'ÉNERGIE ET LES TRANSFORMATIONS ALIMENTAIRES



FICHE N° 10

L'ÉNERGIE ET LES TRANSFORMATIONS ALIMENTAIRES

Auteurs
Fabrice THUILLIER - Benjamin PALLIÈRE

Les réalités de la transformation alimentaire en milieu rural

PRÉPONDÉRANCE & DIVERSITÉ DE L'ARTISANAT ALIMENTAIRE

En Afrique, les céréales ou les tubercules produits localement (mil, maïs, sorgho, riz, manioc, igname), constituent toujours la base de l'alimentation quotidienne des familles rurales et urbaines. Ces produits vivriers fournissent aux populations l'essentiel de leur ration calorique (65 à 80% selon les pays), et une part importante de leur ration en protéine.

En 2005/2006, dans les pays du CILSS¹, la consommation apparente par habitant et par an de céréales locales dites sèches (teneur en eau de 10 à 15 %) est estimée entre 140 et 260 kg.

La confection des plats traditionnels² s'adapte progressivement aux nouveaux modes de vie, particulièrement en zone urbaine. La consommation alimentaire se trouve diversifiée par la variété des céréales et des tubercules, tandis qu'autrefois il n'y avait pas de choix (le mil pour les uns, le sorgho pour les autres et pas de maïs). Les populations ont accès à de nouvelles denrées, légumes ou condiments. L'alimentation hors foyer et les échanges commerciaux renforcent cette diversification alimentaire qui, dès lors, dynamise l'artisanat.



Riz au gras

Photo : GERES

1. CILSS : Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse au Sahel.

2. Le plat traditionnel est un plat consommé régulièrement par une famille, dont la base est constituée de produits locaux, mais qui peut évoluer en intégrant de nouveaux ingrédients. Exemple : riz au gras (riz cuit dans un jus de viande ou de poisson, accompagné d'une sauce épicée).

10

SOMMAIRE

- Les réalités de la transformation alimentaires en milieu rural **P.1**
- L'expérience des plates formes multifonctionnelles introduites par le PNUD **P.4**
- Éléments pour raisonner l'implantation d'une plate forme **P.7**
- Éléments pour répondre aux enjeux **P.10**
- Références bibliographiques et adresses utiles **P.12**

En effet, avant d'être accommodées selon des recettes culinaires particulières à chaque région ou chaque saison avec des sauces différentes (légumes, arachides, etc.), les céréales et tubercules font l'objet d'un artisanat alimentaire. Ils subissent une première transformation (transformation primaire), constituée généralement de deux étapes. Le grain est tout d'abord débarrassé de ses enveloppes, c'est le décorticage, la racine est épluchée ; puis les produits bruts sont broyés et réduits plus ou moins en brisure, semoule ou farine, c'est la mouture.

La transformation secondaire correspond aux opérations de transformation des produits de mouture en produits prêts à consommer.

Quel que soit le lieu, au village ou en centre ville, dans les familles rurales pauvres ou celles aisées des capitales, la cuisine africaine est une activité féminine.

LES FAIBLESSES ACTUELLES DE LA MÉCANISATION

Une mécanisation limitée

C'est essentiellement l'opération de mouture qui a bénéficié de la mécanisation jusqu'à présent, bien plus que le décorticage et de surcroît le battage (cf. fiche n°9). Tout d'abord, parce que le décorticage des céréales n'est pas toujours une opération nécessaire notamment pour le maïs. Ensuite, parce qu'il nécessite des machines spécifiques à certaines céréales notamment le fonio et le riz. Au contraire, la mouture est une étape obligatoire et le moulin peut être utilisé quelle que soit la céréale, seuls les réglages de la machine diffèrent. La mouture mécanisée de céréales locales s'est donc développée à l'échelle artisanale via de petites unités de transformation. Néanmoins, la viabilité de ces services de mouture est de plus en plus difficile.

Paupérisation et coût de fonctionnement

Encore aujourd'hui, les unités équipées d'un moulin à moteur thermique dédié à la mouture ne sont pas toujours rentables, car l'équipement reste sous-utilisé. La paupérisation du milieu rural (baisse des revenus issus des cultures de rente comme le coton, etc.), limite leur recours aux services marchands ; aussi, les céréales consommées par la famille sont plutôt préparées à domicile, l'augmentation du prix des carburants renchérissant la prestation de service.

Une couverture non satisfaisante

En zone rurale, les villages peu peuplés et isolés ne bénéficient donc que rarement d'unités motorisées de transformation malgré l'intervention des ONG ou du gouvernement.

D'autre part, il est important de noter que le rayon d'action des services énergétiques en milieu rural pour la plupart stationnaire couplé à l'absence de moyens de transport adéquat (poids des céréales, durée du déplacement), limite l'impact quantitatif de cette mécanisation.

Enfin, l'exploitation de ces services reste en règle générale l'apanage d'opérateurs privés, fréquemment en situation monopolistique.



Décortiqueuse

Photo : PNUD programme PFM

DES CONDITIONS D'EXERCICE TOUJOURS LABORIEUSES POUR LES FEMMES RURALES

Malgré les évolutions techniques en matière de mécanisation qui ont permis la vulgarisation des moulins de quartier en prestation de services, l'offre se limite principalement aux zones urbanisées et à l'opération de mouture. Force est de voir perdurer un artisanat alimentaire nécessitant une forte intensité de main d'oeuvre.

La technique la plus répandue en milieu rural pour transformer céréales et tubercules reste l'usage du mortier-pilon par les femmes. Le pilage au mortier est une opération quotidienne longue et fatigante. L'ordre de grandeur du rendement horaire est de seulement 4 kg/h. Compte tenu de la taille des familles, les femmes passent donc beaucoup de temps à ces opérations. Or cette mobilisation de la force physique pour satisfaire les besoins alimentaires devient une cause structurelle de la pauvreté. Les conséquences directes de cette situation sont :

- des conditions de vie difficiles notamment pour les femmes, jusqu'à 18 heures par jour en activité,
- l'immobilisation de main d'oeuvre (femmes, jeunes filles). De ce fait, les femmes ne peuvent pratiquer davantage de maraîchage, ni les jeunes filles aller à l'école, pré requis à une amélioration de leur situation,
- la moindre conservation des aliments.



Femmes pilant le mil au Mali

Photo : GERES

Journée type d'une femme au Mali :

06h - 08h : Aller chercher l'eau, préparer le petit déjeuner

08h - 10h : Piller le mil

10h - 11h : Faire la lessive

11h - 13h : Aller chercher le bois, préparer le déjeuner

15h - 18h : Réaliser une petite activité

18h - 20h : Préparer le dîner

En parallèle, la femme doit s'occuper des enfants.

Et pendant les récoltes, elle part au champ aider son mari.

L'activité peut être du maraîchage, ou la préparation de savon, de beurre de Karité.

Les origines du concept

En 1994, le PNUD engage un programme de vulgarisation de Plateformes MultiFonctionnelles (PFM ou PTFM). Il s'agit d'apporter une réponse à deux problématiques qui entravent le développement du milieu rural africain.

Le premier objectif est la mécanisation des travaux pénibles réalisés par les femmes (en particulier mouture des céréales et transport de l'eau), le second est l'accès à des services énergétiques modernes (décorticage, charge de batteries).

L'originalité du concept PTFM est double :

- Proposer une solution technique multiservice autour d'un moteur et d'équipements productifs disponibles localement. Cela permet à la fois d'adapter l'outil au besoin de chaque zone d'implantation, d'en faciliter l'appropriation, et d'assurer la possibilité de réparer les outils en cas de casse,
- Confier la propriété / gestion des PTFM aux villages ruraux à travers la constitution de comités villageois féminins (C.V.F).



Photo : PNUD programme PFM

Plate-forme multifonctionnelle

4]

La plateforme proprement dite est donc constituée d'un moteur thermique, qui entraîne directement par courroie divers outils (moulin, décortiqueur, chargeur de batterie, etc.). La plateforme est conçue de telle manière à optimiser l'utilisation du moteur, qui fonctionne ainsi plus souvent et dans de meilleures conditions.

La méthodologie des projets PTFM menés par le PNUD repose sur trois principes :

- D'abord, un engagement communautaire villageois pour l'acquisition d'une PTFM,
- Ensuite, la gestion de la PTFM confiée au C.V.F qui doit procurer une génération de revenus,
- Enfin, un matériel et une maintenance qui doivent être disponibles localement, à un prix abordable.

DESCRIPTION TECHNIQUE-ÉCONOMIQUE DU MODULE DE BASE ET DÉCLINAISONS

Principe de fonctionnement

Une PTFM est un assemblage qui s'adapte aux différents contextes. Il comprend un moteur thermique fonctionnant généralement avec du gasoil (ou dans certains cas avec un carburant de substitution comme de l'huile végétale pure dit HVP), et des équipements productifs qui lui sont raccordés. Ce raccordement est soit direct, grâce à un système de courroies mécaniques, soit passe par une autre forme d'énergie, comme l'énergie électrique (produite dans ce cas par une génératrice).

Le module le plus courant est composé d'un moteur, d'un moulin, d'une décortiqueuse et d'un système de charge de batteries pour les usages domestiques de l'électricité. Ce module permet de mécaniser la mouture de céréales, tâche parmi les plus contraignantes pour les femmes, et d'améliorer le confort des villageois. D'autres ajouts sont parfois réalisés, comme un système de gestion de l'eau, ou un mini réseau électrique. Quels que soient ces ajouts, il importe toujours de penser aux implications

économiques, organisationnelles et sociales, et pas seulement aux aspects techniques.

Les différents matériels utilisés sont choisis pour leur disponibilité sur les marchés locaux. Les moteurs, de type Lister, qui proviennent de Chine ou d'Inde sont les plus répandus. Une version PTFM existe aussi avec un moteur de 10 CV, un moulin pour mouture sèche, un pour mouture humide, et une décortiqueuse, chacun pouvant traiter jusqu'à 500 kg/h de produits, et enfin un alternateur de 7 kW d'électricité pour la production.

Le couplage de plusieurs types de services énergétiques permet d'éviter plus facilement deux situations critiques sur le plan technico-économique :

- La première est celle d'un moteur qui fonctionne en dessous d'une certaine charge. Cela entraîne une usure prématurée du moteur, souvent pour cause d'encrassement.
- La seconde est celle d'un moteur qui marche peu souvent, et qui n'est donc pas rentabilisé.

UN APERÇU DES RÉSULTATS DE 10 ANS DE PROGRAMMES

10 ans après son lancement, les programmes PTFM du PNUD restent très adaptés aux besoins locaux dans le contexte rural africain. Ils participent ainsi à l'atteinte de plusieurs des objectifs du millénaire pour le développement (OMD).

Pérennité des projets

En un peu plus de 10 ans, le PNUD a initié des programmes PTFM au Mali, au Sénégal, au Burkina-Faso, au Ghana et au Bénin. Le cas du Mali est particulièrement intéressant, car outre qu'il est le plus ancien, il a connu un arrêt de l'aide et du suivi pendant deux ans, laissant en autonomie les installations.

Une étude² de 2006 a révélé le devenir des 500 plateformes installées au Mali :

- Une bonne appropriation technique (entretien, utilisation efficiente de la plateforme), socio organisationnelle (organisation, utilisation des gains de temps), puisque 71% sont encore fonctionnelles. Les deux principales causes de non fonctionnalité étant essentiellement à caractère socio-organisationnel ou technique.

Impacts des plateformes sur les villages

Une étude de 2005 permet d'analyser plus précisément les impacts des plateformes dans les villages :

- Un véritable gain de temps : la mécanisation d'activités libère du temps aux femmes (en moyenne 2 heures par jour), qu'elles peuvent consacrer à d'autres tâches (maraîchage, éducation de leurs enfants, etc.).
- Une augmentation de revenus substantielle : augmentation moyenne entre 20 000 et 80 000 FCFA / an pour les membres du comité de gestion,
- Une amélioration du ratio fille-garçon à l'école primaire : les filles sont elles aussi libérées des activités qui leur étaient dédiées jusque là,
- Une diminution de l'abandon scolaire et plus grande proportion d'enfants entrant à l'école secondaire,
- Une meilleure santé des populations avec une augmentation des consultations prénatales ainsi qu'une baisse des diarrhées.

D'autres études montrent que dans les cas les plus favorables, la gestion locale d'une PTFM est une source de financement local. Des montants allant jusqu'à 1 million FCFA ont ainsi été réinvestis ou redistribués, à l'échelle du village.

Financement de l'installation

La question du financement d'une PTFM concerne à la fois l'investissement, l'installation, la formation, mais aussi la maintenance. Pour qu'un projet soit viable et financièrement équilibré, cette dernière doit pouvoir être autofinancée (ce qui constitue d'ailleurs un critère de bon fonctionnement).

L'installation d'une PTFM de base revenait environ à 3 millions FCFA¹ au début des années 2 000 (cf. détails page suivante). Cela correspond à un investissement trop important pour une communauté villageoise rurale sans un soutien financier extérieur. Des aides sont donc nécessaires, mais il est essentiel que le village participe à une partie de cet investissement. Le PNUD demande ainsi aux bénéficiaires de construire eux-mêmes l'abri, et de contribuer à hauteur de 10 à 50% du coût total selon les versions.

1. Taux de change : 1€ = 657 FCFA

2. Rapport final de la revue des PTFM au Mali, Mai 2006

LES PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS ET LES ÉVOLUTIONS RÉCENTES

Les comités de gestion féminins

Les comités de gestion féminins sont une des composantes clés des projets PTFM. Ils se justifient par la vocation première des PTFM qui vise à l'émancipation des femmes rurales. L'analyse des projets montrent que ces comités permettent effectivement un progrès des conditions sociales des femmes, de part leur responsabilisation. Par contre, ils ne se révèlent pas forcément à la hauteur en capacité de management

Aussi, pour certains comités qui se sont ouverts au genre masculin, le résultat s'est révélé bénéfique, soit grâce aux compétences techniques de ces hommes, soit par l'implication plus générale de la communauté villageoise.

Par ailleurs, d'autres organismes publics commencent à tester la gestion déléguée de PTFM à des opérateurs privés dans des logiques de partenariat public-privé, c'est le cas des contrats d'affermage au Bénin entre l'état via son agence d'exécution (l'ABERME) et des opérateurs privés, mais du fait de l'expérience récente, le recul manque pour en tirer des conclusions.

La formation

L'analyse du suivi des projets PTFM montre l'importance des formations initiales et de l'accompagnement des acteurs. Il est souvent

judicieux de former un plus grand nombre de personnes que le strict besoin, ce afin de tenir compte des changements de personne dans la gestion d'une PTFM au niveau d'une localité. D'autre part, la formation n'est jamais perdue, et profite dans tous les cas aux villageois. Le suivi rapproché des comités de gestion est tout aussi indispensable pour assurer une appropriation progressive de l'activité. Gourmand en temps et en ressources humaines, cela demande de ne pas sous-dimensionner cette fonction dans les dispositifs de mise en œuvre.

Les activités génératrices de revenus

Le développement d'activités génératrices de revenus (AGR) autour de la PTFM n'était pas prévu avec l'installation de la plateforme. Au Mali, un quart des plateformes fonctionnelles ont permis de développer des AGR ; c'est à la fois peu et encourageant face aux besoins des populations. En fait, il s'avère que les AGR se créent lorsqu'elles sont prévues dans le scénario initial de développement de la PTFM. Une prise en compte des AGR dès l'étape de définition des besoins en services semble donc pertinente.

6]

DÉSIGNATIONS	COÛTS EN CFA
-maison en banco	300 000
-moteur diesel 10CV+moulin à céréale	675 000
-moulin à karité	175 000
-décortiqueuse multi-céréales	350 000
-châssis lourd	250 000
-3 paires de rail	150 000
-système de refroidissement	200 000
-réservoir de gasoil	
-éclairage maisonnette	200 000
-chargeur de batterie rotatif	
-compteur horaire	100 000
-1 poulie à gorge	22 500
-1 poulie Plate	17 500
-1 courroie de 10 mètres	20 000
-1 courroie trapézoïdale	10 000
-adaptation de la poulie	7 500
-8 sacs de ciments	40 000
-transport des équipements	100 000
-frais d'installation	100 000
TOTAL	2 717 500

Devis réalisé pour Dambaran en 2001



ANALYSE INITIALE DU MILIEU

Préparer la viabilité économique de la plateforme

L'installation d'une plateforme ne se limite pas à des questions techniques. La réussite de l'opération dépend aussi et en grande partie de facteurs économiques et sociaux. Même si la notion de service apporté par une PTFM peut être considérée comme un service de base, d'intérêt général, il s'agit néanmoins de services marchands, faisant donc l'objet d'une activité économique. Si un financement extérieur s'avère nécessaire pour assurer l'implantation voire le démarrage de l'activité, un fonctionnement durable de la PTFM repose sur une logique de rentabilité de l'activité, entre les recettes, les charges et les provisions sur charges.

S'assurer d'un environnement social favorable

Appuyer un groupement ou un village dans leur réflexion avant le lancement du projet plateforme amène à ce qu'il se pose les deux questions suivantes :

1. D'un côté, les besoins des différents groupes cibles majoritaires dans le village sont-ils bien pris en compte et de l'autre côté, sont-ils suffisants pour garantir un fonctionnement satisfaisant des futurs services énergétiques à installer ?

Il s'agit de prendre en compte :

- le volume de la production céréalière, légumineuse et autres spéculations concernées par les futurs services énergétiques,
- l'environnement concurrentiel : présence d'outils déjà mécanisés, de services à mécaniser,
- la taille du village, sa position par rapport aux villages limitrophes, la densité de peuplement des environs ainsi que la présence d'un marché qui draine la population environnante.

2. Les facteurs socio - organisationnels sont-ils favorables à l'insertion et la pérennité de la plateforme ?

Pour une telle appropriation de la plateforme par les utilisateurs, plusieurs conditions doivent être remplies :

- le milieu d'accueil doit se structurer. Les expériences antérieures de travail en communauté sont un atout,
- le comité de gestion doit avoir un intérêt partagé dans le projet,
- le comité de gestion doit être représentatif du village pour ne pas générer de conflits.

[7

Diagnostic participatif du milieu d'accueil

Aujourd'hui la méthodologie pertinente de mise en œuvre d'un projet PTFM comme la plupart des projets de développement local repose sur un diagnostic participatif, appelé aussi étude de faisabilité participative. Le mot « participatif » implique une collaboration active des villageois, en priorité les futurs bénéficiaires et parties prenantes comme les groupements féminins dans le processus.

L'approche participative permet de recueillir des informations précises et pertinentes pour le projet, grâce à l'implication des acteurs détenant l'information. Il s'agit avant tout d'un outil d'aide à la décision pour la communauté, puisqu'il permet de produire des hypothèses de faisabilité qui, une fois exposées à la communauté facilite la prise de décision individuelle et collective des bénéficiaires. Dans le cadre d'un projet PTFM, elle va aussi permettre de renforcer l'esprit d'entreprise des propriétaires potentiels.

Cette démarche participative comprend quatre temps fort :

- la caractérisation sociale et économique du village : les ressources ou compétences disponibles, l'existence d'associations (en particulier féminines),
- Le partage des principes essentiels du projet PTFM et des conditions de mise en place,
- le recoupement des observations sociales réalisées lors de la pré-étude,
- La prise en compte des besoins du village auxquels peut répondre en priorité la plate-forme.

Hypothèses sur les différents schémas possibles de services

Par schéma de services, on entend l'organisation de la mise en œuvre des équipements qui va permettre de distinguer les relations entre les différentes parties prenantes dans l'exploitation que sont : le propriétaire, le gérant et l'usager.

Propriétaire : celui qui va « acquérir » (apport en capital, subvention, etc.), des investissements et pouvoir décider de leur usage ou du moins le contrôler. Il peut percevoir un bénéfice financier de leur usage.

Usager : celui qui va « bénéficier » du service (payant ou non).

Gérant : celui qui « gère » l'exploitation selon un degré d'autonomie plus ou moins étendu. Il s'agit du propriétaire dans le cas d'un service unipersonnel, d'une entreprise délégataire dans le cas d'un service public. La gestion est à la fois technique et financière.

Le mode de gestion le plus courant est de voir une partie des usagers devenir propriétaire et assumer la gestion du projet. C'est ce qui se passe lors de la mise en place d'un comité féminin de gestion, constitué de femmes utilisant la plateforme. Ce comité se compose généralement d'une présidente, d'une trésorière, d'une caissière, de meunières (lorsqu'il y a un moulin), et de contrôleuses.

OFFRE TECHNIQUE ET COÛT DE FONCTIONNEMENT

Le choix du moteur

Le moteur est l'élément central d'une plateforme. Son bon dimensionnement permet d'assurer le fonctionnement de l'ensemble des modules, au début du projet comme après quelques évolutions. D'autre part, le principal poste de coût étant le carburant ou l'électricité, l'efficacité du moteur influencera très fortement les résultats financiers de l'exploitation.

1. Choisir un moteur nécessite de prévoir de manière très précise le fonctionnement de l'installation, en se fixant sur la base d'une journée type. Il faut être capable de connaître la demande maximale de puissance, mais aussi la puissance moyenne requise. Ces demandes doivent tenir compte de l'installation de futurs modules.

2. Il convient maintenant de choisir le moteur. Celui-ci devra être capable de fournir la puissance maximale requise au démarrage. Si aucun choix n'apparaît pertinent, mieux vaut revoir le projet. Il convient toutefois de prendre garde à ne pas disposer d'un moteur trop puissant par rapport aux besoins moyens. Déjà, l'investissement sera plus élevé. Ensuite, un moteur sous utilisé s'encreasse davantage.

Évaluer la fiabilité et la qualité des services de réparation disponibles

La fiabilité des machines installées et la présence d'artisans assurant l'entretien ou les réparations des pièces endommagées est un gage de pérennité technique. La connaissance du matériel est connue grâce à la capitalisation des autres projets. Cela suppose bien sûr que l'information soit recueillie puis partagée.

Calculer la rentabilité du projet

Pour ce faire, on calcule les charges afférentes à l'achat de la plateforme ainsi qu'à son fonctionnement et à son entretien. Les principaux éléments à prendre en compte dans le calcul des coûts de fonctionnement sont :

- l'amortissement des investissements et le remboursement des emprunts d'investissements,
- la consommation de carburant et de lubrifiant (ou d'électricité),
- les pièces de rechange et le coût de l'entretien,
- les salaires liés au fonctionnement (mécanicien, gestionnaire).

Une fois les charges évaluées, on calcule les recettes. Les recettes de la plateforme sont fournies par les clients des différents services (moulin, charge de batterie, etc). Il faut donc en premier lieu fixer le prix de ces services. Ce dernier doit tenir compte à la fois du prix de fonctionnement mais également du pouvoir d'achat des habitants des zones rurales. Au-delà d'un certain prix, les ménages ne sont plus prêts à payer pour le service. En page 9, on trouve un exemple de Compte Prévisionnel d'Exploitation (CPE)

LE CHOIX DU MODE DE GESTION

Plusieurs modes de gestion sont possibles, où les propriétaires, utilisateurs, gestionnaires seront des entreprises, des associations, des coopératives ou encore des particuliers. Ce choix doit rendre compte de la situation réelle (à savoir, qui investit? qui gère au quotidien?). Il est nécessaire d'avoir en plus connaissance des implications juridiques que cela peut avoir.

Exemple de propriété collective - la coopérative au Mali

La coopérative rassemble au sein d'une même structure des personnes partageant un même intérêt, et sur un principe de solidarité. Chaque adhérent de la coopérative possède au moins une part sociale de celles-ci (les plus riches peuvent en acheter davantage), puis cotise chaque année. Lors des assemblées générales, les votes ont lieu suivant la règle : « une personne, une voix » et non « une part, une voix ». D'autre part, les bénéfices redistribués ne le sont pas en fonction des parts, mais de la participation pendant l'année. Par contre, en cas de dettes financières, la responsabilisation a lieu à hauteur du nombre de part. On comprend bien ainsi que l'objectif n'est pas la rentabilisation d'un capital, mais la viabilité de l'action commune.

Exploitation déléguée

L'exploitation peut être déléguée à un gestionnaire privé. Dans ce cas, les modalités de paiement du gestionnaire, de gestion, sont fixées au cas par cas. Voici un ensemble de points à préciser :

- fixation des prix de prestation (qui fixe les prix),
- coûts de maintenance, remplacement des équipements (qui en a la charge, en prend la décision),
- modalités de rétribution (salaire, intéressement),
- cession des équipements.

LA FORMATION INITIALE ET L'ACCOMPAGNEMENT : UNE NÉCESSITÉ

La formation

Les cibles des projets PTFM sont des villages faiblement développés. Bien souvent, cela correspond à des populations dont le niveau de formation initiale ne permet pas de gérer le projet, et qu'il convient donc de former pour atteindre cet objectif.

Il existe trois types de formation : organisationnelle, technique et économique. La première porte principalement sur l'acquisition de connaissances et pratiques sur les rôles et tâches du comité de gestion, la tenue des outils de gestion. La seconde concerne la connaissance de la plateforme, son démarrage, sa maintenance, sa sécurité, les services rendus, tels que la mouture, le décorticage. La troisième permet d'outiller les femmes en capacités théoriques et pratiques dans la conduite des activités génératrices de revenus.

Quelques conditions sont nécessaires au bon déroulement des formations :

- Partir d'une démarche participative,
- Valoriser les compétences et connaissances de personnes ressources locales,
- Introduire des supports visuels (fiches en particulier),
- Utiliser la langue locale lors des formations ou dans les supports,
- Systématiser les temps de restitution.

Dispositif de suivi

Outre la formation initiale, l'accompagnement tout au long du projet est nécessaire. Il permet de faire face à un renouvellement trop rapide des équipes, ou à la résolution de problèmes non anticipés. Dans le cadre des projets PTFM/PNUD, un dispositif de suivi est assuré pendant les 2 premières années suivant l'installation.

Le renforcement des capacités

Lorsque le village ne dispose pas suffisamment d'artisans (en particulier pour réparer ou entretenir la plateforme), il convient d'en développer le nombre et leur savoir faire. Les artisans locaux sont donc formés et entraînés pour installer, entretenir et réparer les plateformes. Initialement, ils reçoivent un appui du projet, comprenant une subvention de 50 % pour l'acquisition des outils nécessaires. Ils signent des contrats privés pour leurs prestations avec les groupes de gestion de la PTFM. Grâce à la formation et à l'appui du projet PTFM, ils s'organisent ensuite en réseaux d'artisans et mettent en place eux-mêmes des stocks de pièces détachées.



L'ACCÈS À L'ÉNERGIE PRODUCTIVE EN MILIEU RURAL : DES SERVICES DEVENUS ESSENTIELS

Aujourd'hui, au regard du contexte rural des pays africains, l'accent en matière d'accès à l'énergie pendant ces dernières décennies a été mis sur l'Électrification Rurale Décentralisée (ERD). Cette stratégie se révèle finalement peu concluante en matière d'impact sur la réduction de la pauvreté.

Cela s'explique principalement par 2 raisons :

- Le dimensionnement des projets d'ERD s'est souvent limité à répondre à la demande en électricité des infrastructures publiques et des ménages. Or la capacité à payer de ces 2 groupes cibles en milieu rural ne permet pas de viabiliser les investissements.
- Dans les contextes ruraux électrifiés, le recours à des équipements électriques dans le secteur « économique » reste très limité soit parce que l'offre technique n'existe pas, soit parce que leur coût global n'est pas compétitif.

En cherchant à répondre d'abord aux contraintes des facteurs traditionnels de production, des programmes comme celui portant sur l'introduction de « Plates Formes Multi Fonctionnelles » ont montré que ce sont en premier lieu les Services Energétiques et Techniques à Usages Productifs qui permettent de répondre le plus directement aux besoins des populations rurales.

Avec cette approche, il reste néanmoins un défi de taille : accompagner les groupes cibles (producteurs, transformatrices) pour l'amélioration de leurs activités dans des zones enclavées, qui ne sont pas en capacité financière d'investir dans les infrastructures correspondant (motopompes, moulins, etc.). Leur développement passe donc par une stratégie d'investissements publics.

L'ACCOMPAGNEMENT D'OPÉRATEURS DE SERVICES ÉNERGÉTIQUES ET L'IMPLICATION DES COLLECTIVITÉS

Face aux limites de la gestion communautaire, l'accès par les populations rurales à des services énergétiques productifs passe par l'implication plus ou moins forte d'acteurs privés dans la gestion - exploitation des équipements. C'est le maillon de la chaîne appelé Opérateur de Services Energétiques (OSE) qui peut être un département d'État (cas d'aménagement hydro-agricoles) comme un opérateur privé individuel (cas des moulins de quartier). Plus le montant d'investissements est important, moins les opérateurs privés sont prêts seuls à fournir le service correspondant compte tenu des risques liés au marché (solvabilité de la clientèle). C'est donc une logique de Partenariat Public - Privé qui s'impose pour répondre aux enjeux de l'accès à l'énergie en milieu rural. Seulement, le contexte ne se prête pas à la venue d'opérateurs industriels mais plutôt d'opérateurs privés locaux et ce schéma de service est encore aujourd'hui peu répandu. Il y a donc un travail en profondeur pour initier et accompagner des initiatives qui permettent d'impliquer ensemble des acteurs publics et privés autour d'un projet commun de fourniture de services énergétiques. Avec le processus de décentralisation partout engagé en Afrique, la structuration de communes permet de voir émerger un interlocuteur privilégié pour de futurs services de proximité.

10]

PLUS DE SOUPLESSE DANS LA RÉPONSE AUX BESOINS ET DE DIVERSITÉ DANS LES MODALITÉS DE PROPRIÉTÉ

Compte tenu de la précarité économique des populations ciblées par l'accès à l'énergie en milieu rural, leur capacité à payer pour des services énergétiques limite dans un premier temps l'éventail des services aux besoins prioritaires. Néanmoins, l'expérience des « Plates Formes Multi fonctionnelles » au Mali montre que en plus du module de base, il faut envisager l'ajout de futurs équipements de services ce qui nécessite d'anticiper les attentes qui peuvent relever du secteur productif (en lien avec le développement des AGR induites par l'amélioration des conditions de vie), ou du secteur domestique (Services dits « de confort » comme l'éclairage par kit batterie).

La capacité d'augmenter l'offre de services dans le temps est souvent contrainte par la puissance du moteur initial. Pour en changer, il faut l'avoir anticipée. Comment faire alors qu'il reste au village propriétaire plusieurs années avant de l'amortir ?

Aujourd'hui, les solutions envisagées dans les nouveaux programmes d'accès à l'Energie tel que le programme SETUP¹ au Bénin sont de plusieurs ordres :

- Introduire le concept de location-vente d'équipements avec un fournisseur capable de gérer un parc de moteurs.
- Dissocier la maîtrise d'ouvrage des équipements amont (fourniture d'énergie), et aval (fourniture de services). Par exemple si le propriétaire en amont est une collectivité locale importante (Département) ou un service d'État (l'agence de l'énergie), celui-ci est capable de replacer ses équipements sur un autre site dans une stratégie planificatrice.

LE FACTEUR ÉNERGÉTIQUE PRIMAIRE

Depuis peu, les plateformes et services énergétiques qui fonctionnent avec des hydrocarbures sont confrontés à la hausse structurelle du prix du pétrole. Pour des puissances d'une dizaine de kW, le recours à des systèmes techniques à énergies renouvelables (éolienne, photovoltaïque, etc.), n'est pas encore assez compétitif.

La solution envisagée depuis peu est en lien avec le développement des agrocarburants (le terme est préféré à celui de « biocarburant », car trop ambigu du fait qu'il ne s'agit pas d'un produit issu de l'agriculture biologique).

La production locale d'agrocarburants sous la forme simple d'Huile Végétale Pure (HVP), c'est à dire non estérifiée est un produit qui comporte plusieurs avantages :

- Un nouveau revenu pour des agriculteurs,
- Utilisation supplémentaire de la plateforme pour la production d'HVP,
- Injection dans l'économie locale des montants auparavant consacrés à l'achat du gasoil,
- Protection de l'environnement : lutte contre l'émission de CO₂, lutte anti-érosive (dans le cas de l'exploitation de pourghère).

Des précautions sont toutefois à prendre : au stade actuel de la Recherche Développement sur les agro carburants de 1ère génération, les impacts d'une production agroindustrielle comportent des risques, car les surfaces agricoles dédiées à la production de ces agrocarburants ne doivent ni remplacer les cultures alimentaires, ni conduire à augmenter la déforestation.

CHARGES	MONTANTS EN CFA	PRODUITS	MONTANTS EN CFA
Carburant	731 850	Mouture	889 200
Maintenance préventive	466 300		
Maintenance corrective	23 320	Décorticage	927 600
Salaire des opératrices	644 670	Broyage	332 100
Amortissement	234 730		
Sous- total	2 100 870		2 148 900
Bénéfice	48 030		
Total	2 148 900		2 148 900

CPE de Dambaran en 2001

[11

1. Programme 2008-2011 piloté par GERES sur cofinancement UE « Facilité Energie ACP-UE »



Références bibliographiques

Bibliographie :

- Des moulins pas comme les autres, Souleymane Ouattara - PNUD, 2007.
- Guide pratique de gestion de la plateforme, PNUD, 2002
- Rapport final de la revue des PTF du Mali, Projet PTFM Mali, mai 2006
- Expanding access to modern energy services, Lessons from community-based energy initiatives, PNUD, mai 2006.

Sites Internet :

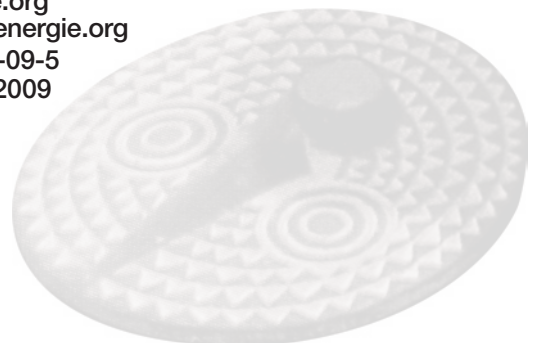
- Site du réseau plateforme du PNUD : <http://www.ptfm.net>
- Site du RIAED - Réseau International d'Accès aux Energies Durables : <http://www.riaed.net/>
- Site de ENERGIA : <http://www.energia.org/>
- Site de l'accès aux services énergétiques en Afrique de l'Ouest : www.energie-omd.org
- Site de YIL Agence, dédié à la veille technologique internationale sur l'énergie et les énergies renouvelables : <http://www.planetenergie.org>

Auteurs

Fabrice THUILLIER - Benjamin PALLIÈRE
GERES - 2, cours Foch - 13400 Aubagne - France



Édition : YIL Agence - Mars 2009
7 bis, rue Decrès, 75014 - Paris.
Tél : 01 45 45 17 49 - Fax : 01 45 45 19 34
<http://www.yilagence.org>
Courriel : yilagence@planetenergie.org
ISBN : 978-2-918222-09-5
Dépôt légal : Mars 2009



ÉNERGIES DURABLES ET DÉVELOPPEMENT EN MILIEU RURAL EN AFRIQUE.

DOSSIER PÉDAGOGIQUE

FICHE N° 1.

- L'ÉNERGIE ET LE DÉVELOPPEMENT

FICHE N° 2.

- LES CHOIX ÉNERGÉTIQUES EN MILIEU RURAL, L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET LA PLACE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

FICHE N° 3.

- LA CUISSON DES ALIMENTS

FICHE N° 4.

- L'APPROVISIONNEMENT EN EAU

FICHE N° 5.

- L'ACCÈS À L'ÉLECTRICITÉ ET SES APPLICATIONS DOMESTIQUES

FICHE N° 6.

- L'HABITAT : MATÉRIAUX ET CONFORT DE VIE

FICHE N° 7.

- L'ÉNERGIE DANS LES STRUCTURES DE SANTÉ

FICHE N° 8.

- LES TÉLÉCOMMUNICATIONS

FICHE N° 9.

- L'ACCÈS À L'ÉNERGIE ET SES UTILISATIONS DANS L'AGRICULTURE

FICHE N° 10.

- L'ÉNERGIE ET LES TRANSFORMATIONS ALIMENTAIRES



FICHE N° 1

L'ÉNERGIE ET LE DÉVELOPPEMENT

Auteurs

Alain GUINEBAULT et Benjamin PALLIERE

L'énergie dans la vie quotidienne en Afrique

La journée d'une famille dans un village

Le père et le fils sont en train d'atteler une paire de bœufs à la charrue pour labourer la terre sèche et compacte de leurs champs ; la mère, juste devant la porte, broie à l'aide d'un pilon en bois les céréales du principal repas de la journée. Deux ou trois kilomètres plus loin, les plus jeunes enfants sont occupés à ramasser du bois et à puiser de l'eau qu'ils doivent ramener à la maison avant de s'en aller à l'école.

Après quatre ou cinq heures de cours, ils s'en retourneront chez eux et aideront leur mère à allumer le feu avec quelques brindilles, à traire la vache et à rentrer le grain séché au soleil avant que ne surviennent les pluies de l'après midi.

Plus tard, la famille se réunira autour du feu pour manger et commenter les événements du jour. Les enfants devront faire leurs devoirs de bonne heure le lendemain matin à la faible lueur du feu. Le père, ensommeillé s'assoupira après s'être fait du souci à propos de ses oignons et de ses tomates qu'il doit vendre avant qu'ils ne commencent à pourrir et les prix à baisser. La plus proche usine de traitement est encore trop loin pour lui, car les profits de la vente de ses produits serviraient à payer le chauffeur du seul camion de l'endroit. Pendant ce temps la mère prépare les légumes que, comme les autres femmes, elle portera au marché du village, à pied à cinq kilomètres de là. Elle profitera de l'occasion pour acheter une lampe à kérosène même si elle sait qu'il ne lui restera pas assez d'argent pour acheter immédiatement du kérosène.

Ainsi se déroule la vie de millions de familles dans la plupart des villages africains, pour lesquels l'énergie est le plus souvent une condition de survie plutôt qu'un réel facteur de développement.

1

SOMMAIRE

- L'énergie dans la vie quotidienne en Afrique **P.1**
- Pourquoi faut-il agir ? **P.2**
- Pour en savoir plus - Sites Internet **P.8**
- Références Bibliographiques **P.8**



Pourquoi faut-il agir ?

Une population majoritairement rurale

La population rurale représente plus de 70% de la population des pays africains. Faciliter par l'énergie le développement des zones rurales est donc crucial. Le processus d'urbanisation, bien que fort, ne modifiera pas avant longtemps la supériorité numérique des populations rurales des pays en développement (58% en l'an 2030).

Un accès difficile à l'énergie

Le bois et les formes dérivées de biomasse (déchets agricoles, charbon de bois), demeurent la source d'énergie privilégiée des populations rurales africaines ; son accès n'entraîne généralement pas de dépenses monétaires, au contraire des énergies « commerciales » (piles, pétrole pour les lampes...), utilisées avec beaucoup de parcimonie.

La quasi-gratuité des énergies « traditionnelles » s'accompagne toutefois d'un travail important de collecte toujours accompli par les femmes souvent aidées de leurs enfants.

Enfin, l'absence de politique de reboisement, ainsi que la non protection par les populations elles-mêmes de leurs ressources forestières, conduisent à l'augmentation de la déforestation. Ce phénomène s'accompagnant d'une baisse de la biodiversité, d'un appauvrissement des sols, de ruissellement des eaux de pluies.

L'évolution démographique et la concurrence entre besoins alimentaires et énergétiques

En 1990, la superficie des terres agricoles cultivées en Afrique de l'Ouest restait encore nettement inférieure au potentiel disponible. Toutefois, à l'horizon 2020, plusieurs études montrent que l'expansion agricole (du fait de la croissance démographique trop élevée par rapport à l'intensification de l'agriculture), réduira sensiblement, sans entraîner le déboisement total, les étendues de forêts et savanes boisées. Ainsi au Burkina Faso, entre 1992 et 2002, les superficies naturelles couvertes de végétation (forêts, savanes et steppes), ont régressé de 108 141 ha au profit surtout des zones cultivées.

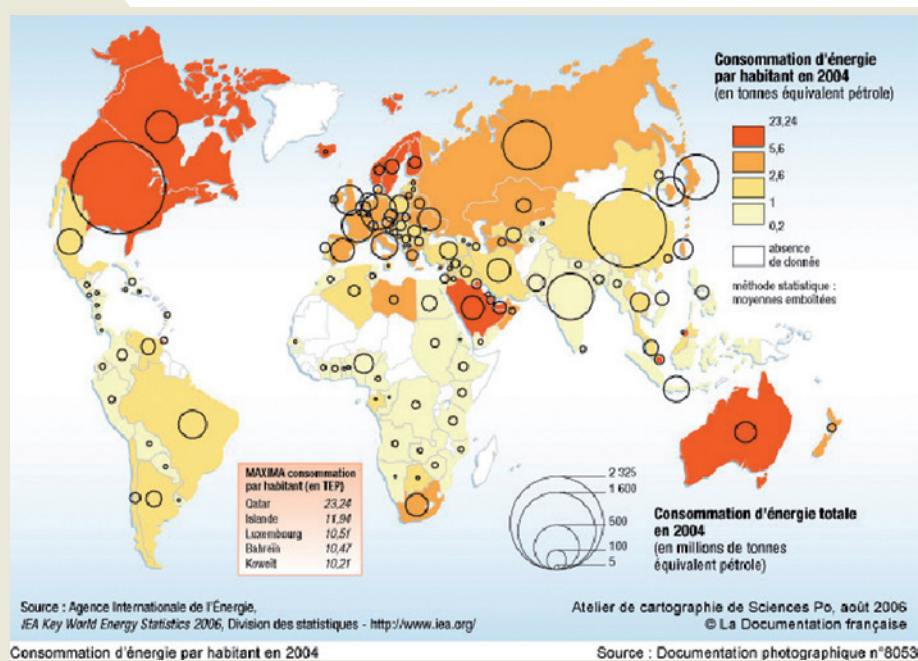
Pour certains pays de forte émigration et à faibles ressources forestières (cas du Sénégal), ce phénomène est encore plus accentué.

Cela montre clairement qu'il faut pouvoir agir simultanément sur plusieurs facteurs :

- favoriser la maîtrise de la croissance démographique,
- la qualité des services : compétence du personnel, organisation,
- développer des techniques d'intensification de l'agriculture (qui sont toutefois généralement très énergivores : engrais, tracteurs...), ou accroître les importations de produits alimentaires,
- accentuer le développement et surtout la diffusion de l'efficacité énergétique dans l'utilisation du bois de feu (transformation en charbon de bois, cuisson...).

2]

REPÈRE 1 :



1 > Source FAO

REPÈRE 2 :

Femmes et énergie

Le bois de chauffe (cuisson des aliments), est la première ressource énergétique utilisée par les populations rurales en Afrique (souvent à plus de 90 %).

Les femmes en sont les principaux acteurs :

- La cueillette du bois et des déchets végétaux et animaux ; elles peuvent y consacrer plusieurs heures par jour selon la situation de déforestation environnante,
- L'élaboration des repas et valorisation des braises pour le chauffage de l'habitation et / ou l'éclairage.

Mais les femmes sont aussi au cœur de toutes les activités mobilisatrices d'énergie :

- la mouture des céréales, encore très largement manuelle,
- le pompage de l'eau,
- la conservation des aliments (séchage, etc.).

Outre la pénibilité souvent élevée de ces différents travaux, les conditions d'utilisation des combustibles utilisés par les femmes peuvent avoir des effets néfastes sur leur santé (repère 3).

REPÈRE 3 :

Énergie et effets sur la santé

L'énergie et son utilisation peut être, tout à la fois, néfaste ou bénéfique pour la santé :

- L'utilisation des foyers pour la cuisson produit beaucoup de fumée ; en Afrique lors de la saison des pluies, en particulier, la cuisine est préparée dans des pièces qui ne sont pas équipées de cheminée. La pollution peut y être 10 fois supérieure à l'air ambiant urbain.

L'Organisation Mondiale de la Santé estime (en 2004) que la fumée épaisse et âcre qui se dégage des fourneaux et des feux de cheminée est associée à quelque 1,6 millions de décès chaque année dans les pays en développement.

La fumée provenant de la combustion du bois contient plusieurs substances toxiques : monoxyde de carbone, oxyde d'azote et de soufre, etc. Des études au Mexique ont mis en évidence le lien entre risque sanitaire et cuisson, dans des pièces mal aérées : par exemple, une femme exposée à la fumée plus de 200 heures par an est 10 fois plus sujette à la bronchite chronique qu'une femme cuisinant dans de bonnes conditions sanitaires.

- Le développement des services de soin de santé primaire en milieu rural ; la vaccination et la stérilisation sont des services qui, pour être réellement efficaces, doivent faire appel à des équipements fiables en fonctionnement et les moins coûteux possibles.

Les 3 exemples suivants illustrent bien l'importance des choix énergétiques :

- Dans les régions où l'approvisionnement régulier en gaz ou en pétrole est difficile, la conservation des vaccins est assurée de manière plus fiable par les réfrigérateurs fonctionnant à l'électricité solaire ; le surcoût de ces équipements pouvant être compensé par des coûts de fonctionnement moindre et par une forte diminution du risque de pertes de lots de vaccins.
- La stérilisation des petits instruments de travail dans un dispensaire est souvent assurée par un passage plus ou moins prolongé dans l'eau bouillante ; cela ne procure au mieux qu'une désinfection. L'utilisation de petits autoclaves permet une réelle stérilisation avec une consommation d'énergie moindre.
- Les principes de l'architecture bioclimatique permettent, combinés à l'utilisation de matériaux adaptés, de réaliser pour les personnels de santé et les malades, des bâtiments beaucoup plus confortables que ceux habituellement construits.

[3

L'accroissement de la production / transformation agricole, et la consommation d'énergie sont liés

Aujourd'hui en milieu rural, la consommation d'énergie (combustibles traditionnels et énergie humaine pour l'essentiel), est dédiée à environ 80% aux usages domestiques et 20% environ aux usages agricoles (labour, irrigation, engrais, transformation).

L'accroissement de la production agricole est plus envisagé par une extension des superficies cultivées (au détriment des ressources forestières), que par une intensification qui est fortement consommatrice d'énergie. Toutefois, aujourd'hui en Afrique se pose plus la question de mieux valoriser la production agricole, gérer les surplus ponctuels (fruits / légumes), et donc d'accéder à des technologies de transformation fiables, peu énergivore (séchage, conserveries, production de farine).

De nouvelles politiques publiques des pays en faveur du monde rural

La signature des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) en 2000 a amené les pays du Sud à mettre en place de nouvelles politiques, et ceux du Nord à orienter leurs aides différemment (voir repère 5).

A ce titre, on relève dans la plupart des pays africains :

- une définition souvent absente des droits de propriété et d'utilisation de la terre, qui n'incite pas les populations rurales à mettre en œuvre des actions de reboisement à long terme pour reconstituer le patrimoine forestier,

4]

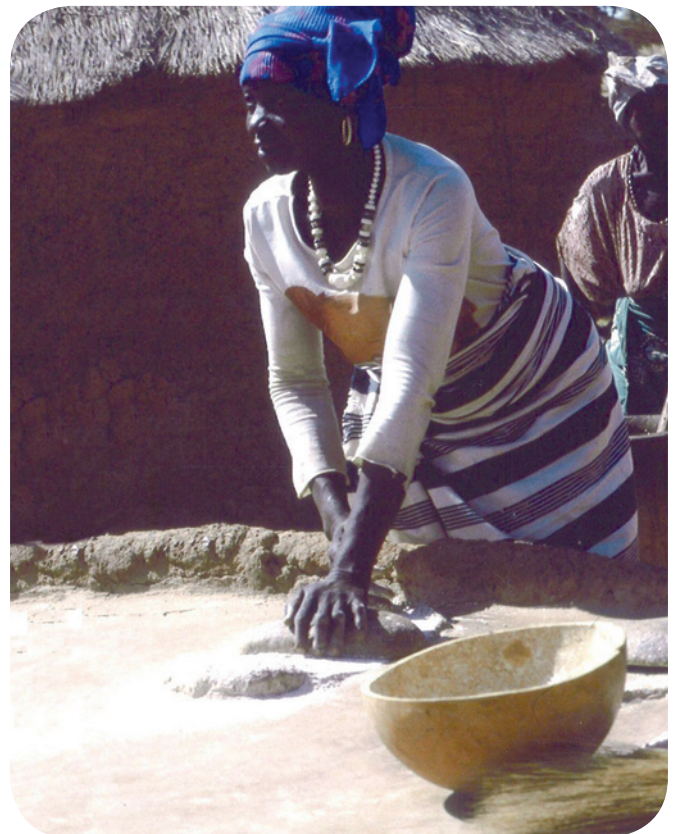
- des politiques nationales se sont mises en place afin de développer l'accès à l'électricité dans les zones rurales (agence d'électrification rurale, fonds dédiés à l'électrification rurale, ouverture du marché de l'électricité et développement de nouvelles sociétés d'électrification). Elles s'appuient fortement sur des technologies et des méthodologies décentralisées (micro-réseaux, solaires). Les premiers retours d'expériences permettent d'analyser les impacts de ces politiques, le rôle joué par chaque acteur. Ils constituent de précieux enseignements sur les voies à suivre pour passer d'une électrification rurale quasi inexistante (moins de 10% souvent), à une situation de services accessibles au plus grand nombre.

- l'augmentation des prix des carburants, qui rend la facture énergétique insupportable aux populations, ainsi que la prise de conscience environnementale sur les émissions de gaz à effet de serre, ont porté l'intérêt pour les agro-carburants au niveau de l'Afrique, particulièrement pour les pays non producteurs de pétrole. Certaines cultures (*Jatropha Curcas L.*), étant parfaitement adaptées aux climats africains, cet

intérêt se transforme actuellement en engouement. Mais comment cet engouement va-t-il se traduire dans les projets ? Quelles orientations vont choisir les pays ? Qui va profiter des bénéfices de cette nouvelle filière ? Ces questions méritent que des réflexions soient menées par des exemples concrets, et poussées au niveau des décideurs pour définir un cadre national.

- sans pouvoir se substituer totalement au rôle de l'Etat (réglementaire, incitations fiscales, etc.), il est important que les acteurs décentralisés agissent (des lois de décentralisation sont maintenant en place dans la plupart des États, conférant des possibilités d'intervention dans de nombreux secteurs aux collectivités locales) ; par exemple en favorisant le développement de plantations villageoises avec engagement mutuel entre les collectivités et la population, en mobilisant des compétences locales pour relancer la diffusion de foyers économes en bois de feu, etc.

- un manque d'harmonisation entre les services des Etats : les forestiers souhaitent protéger les arbres, les agronomes se préoccupent des disponibilités alimentaires et de l'occupation des terres, les spécialistes de l'énergie veulent préserver l'approvisionnement des villes en combustibles traditionnels, les services des finances s'intéressent aux recettes fiscales, etc.



Transformation des céréales à l'énergie musculaire; Ouahigouya (Burkina Faso).

Photo : Kuami WOWOGNO - 1989

Des solutions existent

Aussi bien pour améliorer les conditions de vie existantes que pour favoriser le développement économique, des solutions spécifiques existent. Elles sont généralement peu connues ou manquent d'un environnement favorable (mécanismes de financement : crédit rural, formation à la gestion, réseaux de commercialisation, etc.), à leur diffusion.

On peut citer les exemples suivants, qui seront largement développés dans les fiches du dossier :

- Conservation des vaccins à l'aide de réfrigérateurs photovoltaïques pour les régions où l'approvisionnement en énergie commerciale est peu fiable,
- Séchage amélioré des produits agricoles en climat sahélien ou tropical, autant pour des activités économiques familiales qu'artisanales,
- Séchage à gaz pour des activités d'exportation de fruits tropicaux,
- Production d'électricité individuelle ou à l'échelle d'une commune, gérée par des acteurs locaux (solaire, groupe électrogène),
- Plantations villageoises d'arbres à croissance rapide permettant la création de nouveaux revenus (bois d'œuvre), un accès plus facile au combustible pour la cuisson (utilisation des déchets de la biomasse),
- Plateforme multifonctionnelle gérée par un groupement de femmes pour la mécanisation de la mouture et du décorticage,

L'utilisation des nouvelles technologies de l'information en Afrique est sans aucun doute un atout pour les promouvoir, mais aussi pour analyser leurs impacts et les améliorer.

La préservation de l'environnement et la lutte contre l'effet de serre

La production d'énergie thermique (pour la cuisson), mécanique, ou électrique, utilise très souvent des sources d'énergies à base de carbone : bois, pétrole, gaz, charbon. Leur prélèvement peut amener une dégradation de l'environnement (déforestation, pollution pétrolière). Leurs combustions entraînent des émissions de CO₂, accompagnées parfois d'autres gaz nocifs, augmentant d'autant l'effet de serre. Dans tous les cas, les conséquences sont les mêmes : dégradation de l'environnement de vie, menaces pour la survie des espèces.

Face à ce constat, et même si les émissions de gaz à effet de serre d'un africain sont souvent 20 fois inférieures à celles d'un européen, l'Afrique est confrontée au même enjeu que les autres continents :

se développer sans pour autant polluer davantage. Pour augmenter son efficacité énergétique tout en améliorant l'accès à l'énergie pour son développement, plusieurs pistes sont à étudier en parallèle :

- La première est de diminuer la demande en énergie, ou de faire en sorte qu'elle n'augmente pas trop. Cela passe par l'utilisation d'équipements et de procédés moins énergivores.

Exemple : les systèmes énergétiques en milieu rural sont généralement très peu performants : 10 à 20% du bois utilisé dans un foyer 3 pierres sert réellement à la cuisson, le reste chauffe l'air environnant. Il y a souvent un fort potentiel d'économie d'énergie.

Cette évolution est difficile à mettre en œuvre du fait qu'il s'agit le plus souvent d'énergie de survie ; des initiatives des organisations internationales (Banque Mondiale, PNUD, PNUF, Coopération bilatérale), agissent en ce sens ; les ONG doivent y contribuer plus.

- La deuxième est d'absorber le CO₂ émis ou, ce qui revient au même, d'utiliser des sources carbonnées que l'on a soi-même fixées.

Exemple : utiliser comme bois de chauffe du bois provenant de forêt replantée.

Il faut toujours prendre le temps d'étudier les solutions mises en place dans leur globalité. Le cas des agro-carburants dans certains pays est très significatif. Au nom de la réduction des émissions de CO₂, des forêts sont détruites en Indonésie.

- Enfin, la troisième est de trouver des sources d'énergies non polluantes ou, pour être plus exact, moins polluante (toute forme de production d'énergie induit un impact environnemental).

Exemple : les énergies solaires, éoliennes, hydrauliques. Ces énergies se révèlent d'autre part intéressantes économiquement depuis l'augmentation du prix du pétrole dans les années 2000, mais elles le sont chacune dans un contexte spécifique.

Ces pistes ne sont jamais simples à développer en Afrique, comme dans le reste du monde d'ailleurs. Cela passe en effet souvent par une augmentation du coût de l'énergie (au moins dans un premier temps), et dans tous les cas par un changement des comportements. Pourtant, des solutions techniques et des méthodes se développent pour faire de cette révolution imposée par les risques climatiques, un axe de développement pour les populations.

REPÈRE 4 :

Les unités de mesure

- L'unité légale utilisée pour l'énergie est le joule (J) : travail produit par une force de 1 Newton dont le point d'application se déplace de 1 mètre dans la direction de la force.

L'énergie qui est fournie à un système durant une unité de temps pour effectuer un travail est la puissance. La puissance est exprimée en Watt (W) : puissance d'un système énergétique dans lequel est transférée une énergie de 1 joule pendant 1 seconde.

On trouvera cependant plus fréquemment des données exprimées en Watt heure (Wh) ou même en kilo Watt heure (kWh) soit 1000 Wh. Le Watt heure correspond à l'énergie produite pendant une heure par un système d'une puissance de 1 Watt soit 3 600 joules.

L'unité de volume la plus utilisée concernant la consommation de pétrole est le baril, soit 159 litres de pétrole.

Une tonne de pétrole correspond en moyenne à 7,3 barils de pétrole.

Pour la consommation de chaque forme d'énergie on utilise un coefficient d'équivalence avec la consommation de pétrole : le kilogramme équivalent pétrole ou la tonne équivalent pétrole (tep).

La tep correspond approximativement à :

- 1 tonne de pétrole, soit 7,3 barils,
- ou 1,5 tonnes de charbon, ou 4 500 kWh d'électricité.

REPÈRE 5 :

Les engagements de la communauté internationale

Les Objectifs du Millénaire pour le Développement :

« Adoptés par tous les gouvernements du monde, les Objectifs du Millénaire pour le Développement constituent un projet qui nous permettra de construire un monde meilleur, pour tous, au 21^{ème} siècle. » Kofi Annan

Les Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) servent de référence commune à la communauté internationale du développement pour déterminer l'orientation de leurs politiques et programmes et en évaluer l'efficacité. Ils concernent huit domaines : la réduction de l'extrême pauvreté et de la faim (OMD 1), l'éducation (OMD 2), la promotion des femmes (OMD 3), la réduction de la mortalité infantile (OMD 4), la santé maternelle (OMD 5), le SIDA, le paludisme et autres maladies (OMD 6), l'environnement (OMD 7), et la mise en place d'un partenariat mondial pour le développement (OMD 8).

Fixés pour l'année 2015, les OMD sont un ensemble d'objectifs qui ne pourront être atteints que si tous les acteurs apportent leur contribution. Les pays pauvres se sont engagés à mieux gouverner et à investir dans leurs populations par le biais de la santé et de l'éducation, les pays riches à les appuyer par le biais de l'aide, de l'allègement de leurs dettes et d'un commerce plus juste.

6]

Le Changement Climatique

Le changement climatique représente une menace pour l'humanité dans son ensemble. Il se manifeste déjà et de différentes manières suivant les endroits : sécheresse, inondations, cyclones.

D'une manière générale, il va induire un nouvel environnement, comprenant de nouvelles contraintes, auquel les populations devront s'adapter. Or ce sont les populations pauvres, qui disposent le moins de moyens pour faire face à ces nouvelles situations, qui doivent en supporter immédiatement le coût humain le plus lourd.

Progressivement, différents acteurs institutionnels ou provenant de la société civile essaient d'en limiter la cause (l'augmentation de l'effet de serre suite aux émissions de gaz à effet de serre). Le Protocole de Kyoto, qui est entré en vigueur en février 2005, est l'exemple le plus actuel d'une stratégie de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Cette politique n'est toutefois pas sans diviser les pays industrialisés, peu enclins à remettre en cause leur modèle de croissance, et les pays du Sud inquiets pour leurs projets de développement.

Les Mécanismes de Développement Propre

Le Mécanisme de Développement Propre est un mécanisme économique qui a été élaboré dans le cadre du Protocole de Kyoto. Il s'agit de permettre aux émetteurs de gaz à effet de serre des pays industrialisés de retarder la diminution de leurs propres émissions en les compensant par des investissements dans des pays en développement permettant la mise en place de projets ou technologies réduisant les émissions, ou captant le CO₂.

Le Mécanisme de Développement Propre du protocole de Kyoto (MDP) a donc deux objectifs :

- Aider les pays en développement à parvenir à un développement durable en contribuant à la stabilisation des gaz à effet de serre
- Aider les pays développés (ou leurs entreprises) à remplir leurs engagements chiffrés (en temps et en quantité), de limitation et de réduction de leurs émissions.

En pratique, ce mécanisme est assez lourd et coûte cher dans sa mise en oeuvre pour de petits projets. La démarche de la compensation volontaire est basée sur le même principe.

Le Fonds pour l'Environnement Mondial

Le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM) est un mécanisme financier créé en 1990 destiné à financer le surcoût lié à la prise en compte de l'environnement dans l'élaboration de projets. Le FEM apporte son soutien à des projets dans les pays en développement dans les domaines de la biodiversité, du changement climatique, des eaux internationales, de la dégradation des sols, de la couche d'ozone et des polluants organiques persistants. Les projets du FEM sont exécutés par le PNUD, le PNUE et la Banque Mondiale.

Le budget du FEM est reconstitué tous les quatre ans par les pays donateurs : en 1994, le Fonds avait été doté de deux milliards de dollars ; son financement est passé à 2,75 milliards de dollars en 1998, puis à 2,9 milliards de dollars lors de la dernière reconstitution en 2002. Le budget du Fonds est donc en progression constante, mais demeure bien modeste compte tenu des enjeux qu'il entend traiter, et de l'étendue de la zone géographique qu'il couvre. La France a créé le Fonds Français pour l'Environnement Mondial selon les mêmes principes.

D'autres programmes et initiatives existent, soutenues par des pays, organisations ou fondations. Elles se distinguent par leurs zones d'actions et les domaines soutenus. L'Afrique et l'énergie font régulièrement l'objet de lignes de crédits.



Références Bibliographiques

Bibliographie :

- Livre Blanc pour une politique régionale sur l'accès aux services énergétiques, CEDEAO (Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest) et UEMOA (Union Economique et Monétaire de l'Afrique de l'Ouest), Janvier 2006, 82 pages
- Energy and Gender in rural sustainable development, FAO, 2006, 46 pages
- Surmonter la pauvreté énergétique : un impératif pour l'Afrique, Ministère des Affaires étrangères de la Norvège, 2006, 20 pages
- Énergie et pauvreté en Afrique - Répère n°8 de l'OCDE, Céline Kauffmann, mai 2005, 6 pages
- Énergie domestique et santé : des combustibles pour vivre mieux, OMS, 2007, 53 pages
- Liaison Energie - Revue trimestrielle, IEPF, <http://www.iepf.org/ressources/lef.php>
- Fiche Prisme (Fiches techniques du Programme International de Soutien à la Maîtrise de l'Énergie), IEPF, http://www.iepf.org/ressources/fiches_prisme.php

Sites Internet :

Les institutions

- Site du FAO - Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture : <http://www.fao.org/>
- Site de l'OMS - Organisation Mondiale de la Santé : <http://www.who.int/fr/>
- Site du PNUD - Programme des Nations Unies pour le Développement : <http://www.undp.org/french/>
- Site des Objectifs du Millénaire pour le Développement : <http://www.undp.org/french/mdg/>
- Site du PNUE - Programme des Nations Unies pour l'Environnement : <http://www.unep.org/french/>
- Site de la Banque Mondiale : <http://www.banquemondiale.org/>
- Site de l'OCDE - Organisation de Coopération et de Développement Économiques : <http://www.oecd.org/>

Les réseaux et ONG

- Site du RIAED - Réseau international d'accès aux énergies durables : <http://www.riaed.net/>
- Système d'information mondial francophone pour le développement durable : <http://www.mediaterre.org/>
- Site des énergies renouvelables, de Observ'ER, de la Fondation Energies pour le Monde : <http://www.energies-renouvelables.org/>
- Site de YIL Agence, dédié à la veille technologique internationale sur l'énergie et les énergies renouvelables : <http://www.planetenergie.org/>

Auteurs

Alain GUINEBAULT et Benjamin PALLIERE
GERES - 2 cours Foch - 13400 - Aubagne - France



Édition : YIL Agence  - Mars 2009
7 bis, rue Decrès, 75014 - Paris.
Tél : 01 45 45 17 49 - Fax : 01 45 45 19 34
<http://www.yilagence.org>
Courriel : yilagence@planetenergie.org
ISBN : 978-2-918222-00-2
Dépôt légal : Mars 2009



ÉNERGIES DURABLES ET DÉVELOPPEMENT EN MILIEU RURAL EN AFRIQUE.

DOSSIER PÉDAGOGIQUE

FICHE N° 1.

- L'ÉNERGIE ET LE DÉVELOPPEMENT

FICHE N° 2.

- LES CHOIX ÉNERGÉTIQUES EN MILIEU RURAL, L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET LA PLACE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

FICHE N° 3.

- LA CUISSON DES ALIMENTS

FICHE N° 4.

- L'APPROVISIONNEMENT EN EAU

FICHE N° 5.

- L'ACCÈS À L'ÉLECTRICITÉ ET SES APPLICATIONS DOMESTIQUES

FICHE N° 6.

- L'HABITAT : MATÉRIAUX ET CONFORT DE VIE

FICHE N° 7.

- L'ÉNERGIE DANS LES STRUCTURES DE SANTÉ

FICHE N° 8.

- LES TÉLÉCOMMUNICATIONS

FICHE N° 9.

- L'ACCÈS À L'ÉNERGIE ET SES UTILISATIONS DANS L'AGRICULTURE

FICHE N° 10.

- L'ÉNERGIE ET LES TRANSFORMATIONS ALIMENTAIRES



FICHE N° 2

LES CHOIX ÉNERGÉTIQUES EN MILIEU RURAL, L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET LA PLACE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Auteurs

Jean-François ROZIS - Swan FAUVEAUD

Les énergies renouvelables : un fort potentiel... une faible contribution

On ne cherche pas à mettre en avant systématiquement le recours aux énergies renouvelables, mais plutôt à inciter une démarche intégrée, prenant en compte les aspects socio-économiques (coûts, création d'emplois), environnementaux ou strictement techniques, dans toute action de développement en milieu rural.

Le recours à l'énergie est généralement au centre de cette problématique. L'objectif est donc d'alerter le lecteur sur l'intérêt du recours aux énergies renouvelables, allié à la maîtrise de la consommation énergétique pour des applications spécifiques déjà éprouvées.

On parle alors de potentiel accessible, notion introduite par Benjamin Dessus (CNRS), qui fournit les tableaux qui suivent.

Contribution potentielle actuelle des Energies Renouvelables. Années 90 en Mtep*

	HYDRO-ÉLECTRICITÉ	GÉO-THERMIE	SOLAIRE	VENT	BIOMASSE				Total
					BOIS CULTIVÉ	BOIS NON CULTIVÉ	RÉSIDUS AGRICOLES	DÉCHETS	
Afrique	24,5	0,3	19,5	1,2	70	200	3,9	24	343

Contribution potentielle minimale des Énergies Renouvelables à l'horizon 2020 en Mtep

	HYDRO-ÉLECTRICITÉ	GÉO-THERMIE	SOLAIRE	VENT	BIOMASSE				Total
					BOIS CULTIVÉ	BOIS NON CULTIVÉ	RÉSIDUS AGRICOLES	DÉCHETS	
Afrique	63	0,7	60	3	240	140	60	52	619

Le potentiel accessible signifie le potentiel annuel équipable à une époque donnée, avec des technologies existantes et livrables à des prix compétitifs à des usagers reconnus. Le point principal ressortant de ce calcul prospectif est l'abondance actuelle des énergies renouvelables ; toutefois, leur contribution à la consommation énergétique globale, évaluée en 1985, était seulement de 38,4% dans les pays du sud.

* Défini dans la fiche n°1 «L'énergie et le développement»

2

SOMMAIRE

- Les énergies renouvelables : un fort potentiel... une faible contribution **P.1**
- Définition du contexte socio-énergétique **P.2**
- Les applications et technologies courantes des énergies renouvelables **P.7**
- Autres présentations de la biomasse **P.10**
- Références bibliographiques **P.12**



Définition du contexte socio-énergétique

Dans cette fiche, nous allons prendre seulement le contexte du milieu rural en Afrique tout en sachant bien que l'utilisation des Energies Renouvelables est un enjeu mondial ; des efforts sont à mener aussi bien au Nord qu'au Sud.

En premier lieu, il convient de mieux cerner les offres et les demandes en énergie habituellement rencontrées en milieu rural en Afrique.

La typologie des besoins en énergie

- **Activités domestiques :**

La famille a un besoin minimal d'énergie pour :

- › cuire les aliments,
- › conserver sa production,
- › s'éclairer la nuit venue,
- › puiser de l'eau,
- › transporter divers biens de première nécessité (aliments, eau, etc.).

- **Activités productives :**

- › irrigation des surfaces agricoles,
- › travaux agricoles divers,
- › transport rural de biens et de personnes,

- › transformation des produits agricoles (séchage, cuisson, fumage, mouture, production d'huile, etc.),
- › matériaux de construction (chaux, tuiles, briques, etc.),
- › construction d'infrastructures routières,
- › restaurants, plats cuisinés sur les marchés,
- › artisanat du cuir, du bois, de fibres végétales, de la laine, du métal, etc.

- **Activités publiques / collectivités :**

- › dans les centres de santé (conservation des vaccins, stérilisation des instruments, éclairage, puisage de l'eau, etc.).
- › dans les collectivités (cuisson de grande capacité),
- › télécommunications (téléphonie rurale, etc.).

Ceci nous amène à parler du contexte socio-énergétique qui se caractérise par :

- › le niveau de revenus de la population,
- › la disponibilité des énergies (présence d'un réseau électrique, éloignement de la zone par rapport au réseau de distribution des énergies fossiles comme le pétrole, le gaz),
- › les caractéristiques climatiques (zone humide ou sèche, nécessité de chauffage de l'habitat, etc.),
- › les activités productives,
- › les pratiques socio-culturelles par rapport à l'énergie.

2]

Pour avoir une image actuelle de l'offre et de la demande, on va se situer dans une zone rurale en Afrique non reliée au réseau électrique (en 2005, moins de 10 % de la population rurale de nombreux pays africains a accès à l'électricité), qui se caractérise essentiellement par des activités agricoles et de petit artisanat, de faible revenu, sans besoin de chauffage dans l'habitat. Ceci permet de présenter la majorité des contextes socio-énergétiques en milieu rural.

Dans ce cas général, on va toutefois réaliser les distinctions suivantes :

- › zone sèche / zone humide
- › besoins domestiques / besoins publics / besoins artisanaux, agricoles.

Parmi ces besoins, on distingue des besoins en chaleur (énergie thermique), en force mécanique, en énergie « lumineuse ».

Comment sont satisfaits les besoins énergétiques ?

On peut dresser un tableau général illustrant les niveaux de consommation ainsi que l'énergie traditionnellement utilisée pour les satisfaire.

Les sources d'énergie disponibles sont :

- › le bois de feu et les résidus agricoles que l'on désigne usuellement sous le nom de biomasse,
- › l'énergie humaine,
- › l'énergie animale,
- › les énergies fossiles (dérivés pétroliers : kérosène, essence, fuel, gaz, etc.), charbon.

• **Activités domestiques**

	ZONE SÈCHE	ZONE HUMIDE
Cuisson des aliments	foyer trois pierres / foyer amélioré (1 à 2 kg de bois / pers. / jour)	comme en zone sèche mais majoration de la consommation de 30%
Conservation des aliments pour l'autoconsommation	séchage à l'air libre sur le sol / natte ou suspendu	au-dessus du foyer ou four spécial, fumage à chaud
Eclairage	Lampe à pétrole	Lampe à pétrole
Transport rural	Force humaine / traction animale	Force humaine / traction animale
Puisage de l'eau	Force humaine / traction animale	Force humaine / traction animale

• **Activités productives**

	PROCÉDÉ NÉCESSITANT DE L'ÉNERGIE	ÉQUIPEMENT	SOURCE
Irrigation des surfaces Agricoles	Pompage de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> • Pompe à pied / manuelle (90% des forages en Afrique de l'Ouest) pour puits de moins de 50m de profondeur, maximum de 10 m³/j. <hr/> <ul style="list-style-type: none"> • Pompe motorisée centrifuge <hr/> <ul style="list-style-type: none"> • Pompe à traction animale 	<ul style="list-style-type: none"> • Energie humaine d'énergie <hr/> <ul style="list-style-type: none"> • Diesel <hr/> <ul style="list-style-type: none"> • Diesel
Travaux agricoles	Labour, travaux d'entretien, cueillette, transport	<ul style="list-style-type: none"> • Outils à main <hr/> <ul style="list-style-type: none"> • Attelage pour animaux de trait 	<ul style="list-style-type: none"> • Energie humaine <hr/> <ul style="list-style-type: none"> • Energie animale
Transformation des produits agricoles	<ul style="list-style-type: none"> • Séchage • Fumage • Cuisson • Décorticage / broyage 	<ul style="list-style-type: none"> • Nattes, pailles • Grille simple • Trois pierres / four • Meules / broyeur à main • Moulin à eau • Moulin motorisé 	<ul style="list-style-type: none"> • Energie solaire • Biomasse • Biomasse • Energie humaine • Energie hydraulique • Diesel
Travaux agricoles	<ul style="list-style-type: none"> • Fabrication de la chaux, de tuiles, de briques • Sciage du bois d'œuvre 	<ul style="list-style-type: none"> • Fours • Scie à main 	<ul style="list-style-type: none"> • Biomasse • Humaine

• **Activités publiques/collectivités**

Centres de santé	<ul style="list-style-type: none"> • Conservation des vaccins, • Stérilisation des instruments, • Eclairage 	<ul style="list-style-type: none"> • Réfrigérateur, • Marmite avec eau bouillante, • Lampe 	<ul style="list-style-type: none"> • Pétrole / gaz, • Biomasse, pétrole, • Pétrole
Collectivités	Cuisson des aliments	Four grande capacité	• Biomasse

Cette présentation correspond à la situation énergétique la plus répandue en milieu rural en Afrique : pas d'accès au réseau électrique et utilisation des énergies renouvelables pour la préparation des repas (cuisson au bois et dérivés), et conservation des légumes et des feuilles (séchage au soleil).

La consommation d'énergie en milieu rural

Les informations générales fournies dans les paragraphes précédents peuvent être illustrées par la présentation de situations réelles ; le tableau ci-dessous présente les résultats d'enquêtes réalisées au Mali pour caractériser les utilisations des différents combustibles disponibles sur place (bois et dérivés, bouses de vaches, etc.).



Photo : J.F. Rozis

Le bois mais aussi les résidus de la biomasse constituent le combustible principal.

Consommation rurale d'énergie domestique (kg / an / ménage)

4]

UTILISATION	BOIS DE FEU	CHARBON DE BOIS	BOUSES DE VACHE AGRICOLES	DÉCHETS SAUVAGES	HERBES SAUVAGES
Cuisson	3 980	6	126	8	12
Chauffage d'eau	151	1	3	-	-
Rôtisserie	8	2	-	1	-
Thé	1	15	-	-	-
Fabrication de charbon	4	-	1	-	-
Artisanat	107	190	5	-	-
Chauffage des habitations	96	2	2	-	1
Éclairage	71	2	-	1	-
TOTAL	4 418	218	137	10	13

On y relève notamment que le bois de feu sert également au chauffage des habitations (en saison froide de novembre à février en général en Afrique de l'Ouest), et à l'éclairage ; ceci peut expliquer les réticences des villageois à l'utilisation des foyers améliorés (cf. Fiche N°3).

Le tableau ci-après présente les différentes sources d'énergie utilisées en ville et à la campagne ; y sont mis en évidence les éléments suivants :

- la consommation d'énergie par habitant est plus importante en milieu rural qu'en ville,
- la consommation d'énergie commercialisée (pétrole lampant, électricité), est très faible en milieu rural,
- les combustibles de la biomasse représentent même en ville, de l'ordre de 90% de la consommation des ménages.

	POPULATION (1000 HAB.)	CONSOMMATION DOMESTIQUE D'ÉNERGIE (EN MILLIERS DE TONNES ÉQUIVALENT PÉTROLE)				TOTAL	PAR HABITANT (KG ÉQUIVALENT PÉTROLE/ PERS/ AN
BAMAKO	646	75,3	14,8	5,1	5,4	100,6	156
Villes Moyennes	387	73,3	14,4	0,6	3,2	91,5	236
Zones semi-urbaines	516	1 000,0	7,5	0,1	3,5	111,0	215
Zones rurales	6 071	1 348,3	0,0	0,0	1,7	1 350,5	222
Total MALI	7 620	1 596,8	36,7	5,7	13,8	1 653,5	218

Sources : ESMAP, Stratégie de l'énergie domestique au Mali - 1990

LES COÛTS DE L'ÉNERGIE EN MILIEU RURAL

La satisfaction des besoins primordiaux des populations rurales (cuisson, accès à l'eau), nécessite d'abord des efforts physiques (collecte du bois, pompage manuel), et se traduit aussi par des prélèvements sur le milieu naturel environnant (bois, biomasse).

Les utilisations (ou applications) suivantes requièrent par contre l'achat d'équipements et de consommables énergétiques ; les usages sont ici classés par ordre décroissant de niveaux d'utilisation (en moyenne) :

- › le pétrole lampant pour l'éclairage (lampe à pétrole)
- › les piles pour la radio, radio-cassette, les torches liées aux travaux nocturnes
- › le gaz pour la cuisson ou l'éclairage
- › les batteries pour la télévision et parfois pour l'éclairage.

Plusieurs pays africains ont opté pour une politique de subvention du gaz (niveau de subvention qui peut atteindre 50 %), destinée à faciliter son utilisation en ville pour la cuisson des aliments en substitution du bois ou du charbon de bois.

En dehors de ce cas particulier de subvention de l'énergie, on constate que les populations rurales sont défavorisées sur deux plans concernant l'accès aux énergies commerciales :

- › le gaz, le pétrole, sont sensiblement plus chers en milieu rural qu'en ville (coûts de distribution).
- › les batteries et surtout les piles (celles-ci sont massivement utilisées en Afrique pour les radios et les torches), qui sont le moyen le plus facile d'accès à des équipements consommateurs d'électricité, présentent un coût de l'énergie prohibitif. Si le coût unitaire d'une pile à l'achat est souvent financièrement accessible (150 FCFA¹ pour une pile ronde type R20, utilisée communément pour les radios), l'analyse du coût de l'énergie présente une réalité fort différente.

Une pile R20 fournit jusqu'à sa décharge complète environ 5 watt-heure : avec un coût d'achat moyen de 150 FCFA cela représente un coût du kilowatt-heure (Kwh) de 30 000 FCFA soit un coût d'environ 250 fois supérieur à celui fourni par les compagnies d'électricité des pays africains.

Une analyse similaire pour les batteries (utilisées par les populations rurales plus aisées et possédant des téléviseurs), montre que le kWh fourni par une batterie avoisine 5 000 FCFA, soit un coût 40 fois supérieur à celui fourni par les compagnies d'électricité des pays africains.

Ces spécificités se traduisent par des dépenses en énergie en milieu rural souvent élevées malgré les faibles quantités achetées en comparaison des populations urbaines. Les budgets énergie peuvent atteindre 10 % des revenus d'une famille rurale ; on constate toutefois que ce budget est souvent le premier à être réduit en période de difficultés financières (non renouvellement des piles usagées, par exemple).

1 > Taux de change : 1€ = 657 FCFA

LA PLACE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Après ce premier tour d'horizon des utilisations et des besoins en énergie, on s'aperçoit, ce qui est logique, que l'utilisateur se tourne en premier lieu - compte tenu de ses ressources monétaires limitées - vers l'énergie qui lui apporte le meilleur rapport qualité du service / coût.

Il n'est donc pas étonnant que les deux sources énergétiques les plus couramment utilisées soient l'énergie solaire thermique pour le séchage des produits au soleil, opération qui ne nécessite aucun investissement spécifique, et le bois de feu majoritairement ramassé gratuitement.

Avant d'aborder les utilisations liées aux énergies renouvelables, il est nécessaire d'énumérer leurs caractéristiques principales.

Énergie solaire thermique

Il s'agit de transformer en chaleur l'énergie contenue dans les rayons solaires reçus à la surface de la terre en interposant une matière dense et opaque. On estime la quantité d'énergie ainsi disponible équivalente à 4 à 6 kilowatt-heures par m² et par jour (kWh/m²/j), au sol dans des conditions favorables (ciel clair).

Énergie solaire photovoltaïque

Par le biais de cellules photovoltaïques, l'énergie contenue dans le rayonnement solaire est ici convertie en courant continu basse tension. Les modules standards actuels fournissent une puissance moyenne de 100 W/m² sous un rayonnement solaire de 1 000 W/m². Par convention, on utilise le Wc (watt crête) pour désigner la puissance obtenue avec un rayonnement de 1 000 W/m² à 25°C. Technologie de pointe, récente (environ quarante ans), elle tend à se banaliser avec des coûts de production de plus en plus bas et des rendements de conversion plus élevés.

Énergie éolienne

Il s'agit de récupérer l'énergie contenue dans l'air en mouvement. Cette énergie est fonction de la vitesse du vent et de la surface considérée face au vent. Il existe des sites privilégiés par la force et la régularité du vent.

L'utilisation de la puissance mécanique ainsi générée est soit directe (mouture, pompage), soit indirecte (production d'électricité via un générateur).

Énergie thermique contenue dans le biogaz

Par un procédé de fermentation hors oxygène, les composés organiques (déjections humaines, animales), produisent un dégagement composé essentiellement de méthane appelé biogaz. Cette production de biogaz nécessite la mise en place d'un digesteur dimensionné aux quantités à traiter. Ce gaz

peut être destiné à des utilisations domestiques et artisanales.

La biomasse et les agrocarburants

Les combustibles d'origine végétale sont en majorité composés de cellulose et lignine qui par combustion en présence d'oxygène dégagent de la chaleur ainsi que de l'énergie lumineuse (flamme), mais aussi de la fumée ayant des caractéristiques bactériostatiques intéressantes pour la conservation des denrées alimentaires. L'usage du bois de feu, découverte essentielle pour l'évolution de l'homme, dépasse l'aspect technologique avec des connotations socio-culturelles très marquées (protection, purification, etc.).

Un agrocarburant est un combustible liquide produit à partir de la biomasse. Suivant les filières, on cherche à produire de l'huile ou de l'alcool par fermentation alcoolique de sucres ou d'amidon hydrolysé. On focalisera ici sur des filières de production d'huile végétale pure (HVP) en zones rurales. Ainsi, des terres en priorité marginales, sont mises en culture pour la production de graines de Pourghère par exemple (33 % d'huile). Des unités permettent l'extraction de l'HVP qui se substitue au diesel dans des générateurs ou des plateformes multifonctionnelles préalablement convertis. Ces filières de proximité permettent ainsi l'électrification et la mécanisation en zone rurale. De nombreuses barrières techniques et économiques persistent. Il s'agit donc de multiplier les expériences pilotes et de mettre en place des systèmes de suivi et de capitalisation. Enfin, il est important de noter que face à l'augmentation du pétrole, les agrocarburants connaissent aujourd'hui un regain d'intérêt dans les pays du Sud qui visent sécurité énergétique et développement économique grâce à ces filières. Cependant, il existe de nombreux travers, notamment le risque de compétition entre énergie et sécurité alimentaire, des impacts environnementaux et sociaux négatifs comme la déforestation ou les conflits fonciers. Le développement des agrocarburants doit donc tenir compte de tous ces risques.

L'énergie hydraulique

Tout comme pour l'air, il est possible d'utiliser l'énergie contenue dans l'eau avec l'avantage supplémentaire de pouvoir la stocker avant utilisation (lacs de barrage, retenues). La gamme d'utilisation est tout aussi étendue que pour l'énergie éolienne. Son utilisation doit tenir compte d'aspects écologiques (faune et flore), et des conséquences sur l'usage agricole (irrigation, abreuvement).



L'ÉNERGIE SOLAIRE THERMIQUE

On retient trois applications majeures : les séchoirs solaires, les chauffe-eau solaires et les cuiseurs solaires.

Les séchoirs solaires

Caractéristiques des systèmes existants

> Trois grands éléments de classification sont employés :

- **Séchage direct ou indirect** : le produit est exposé ou non directement au rayonnement solaire.
- **Ventilation naturelle ou forcée** : l'air de séchage s'écoule naturellement ou est accéléré par ventilation mécanique (généralement par moteur électrique).
- **Tout solaire ou mixte** : l'énergie solaire est seule utilisée pour chauffer l'air de séchage ou vient en appoint d'une autre source d'énergie.

Niveau de diffusion

Outre la bonne adéquation technique du séchoir avec son domaine d'utilisation, le niveau de diffusion est directement lié à l'intérêt d'utiliser un tel outil qui est de mieux maîtriser la qualité du produit séché. Ceci justifiera soit un prix de vente sur le marché local plus élevé, et donc amortira son acquisition, soit permettra une augmentation de la durée de conservation et diminuera les pertes après récoltes. Sur une zone où il n'y a pas de problèmes d'écoulement des produits frais, il y a peu de chance de développer une activité de séchage rentable. La maîtrise technologique existe ; la diffusion est liée aux conditions climatiques et aux types de produits à sécher.

Les coûts de base se situent autour de 50€ /m² de claie de séchage, soit en moyenne 5 kg de produits frais découpés avec une durée de séchage complet de 3 jours pour des petits séchoirs tout solaire.

Si les conditions climatiques sont défavorables (air humide, absence d'ensoleillement), une énergie d'appoint s'impose (biomasse, gaz).

Les chauffe-eau solaires

En milieu rural, le chauffage de l'eau pour se laver reste une exception, mais pendant la saison hivernale, l'eau est souvent chauffée sur le foyer à bois. En usage public (centre de santé, etc.), outre le chauffage de l'eau (40 à 60°C), une autre application a donné de bons résultats : la stérilisation des instruments médicaux (température de l'ordre de 120°C).

Caractéristiques des systèmes existants

> Les chauffe-eau se caractérisent par :

- **Le capteur solaire** avec stockage d'eau chaude séparé ou non.
- **La circulation de l'eau chaude** est naturelle (thermosiphon), ou est forcée (pompe électrique).

Niveau de diffusion :

La réalisation d'un système fiable nécessite une mise en oeuvre soignée. De telles unités de fabrication locale sont opérationnelles (Sénégal, Niger, Burkina Faso). Les systèmes sont surtout destinés au milieu urbain où le coût du chauffage électrique de l'eau est élevé ; des applications industrielles sont envisageables (préchauffage de l'eau pour diverses applications nécessitant eau chaude ou vapeur).

Les cuiseurs solaires

Trois grandes variantes existent :

- **Les concentrateurs** qui renvoient le rayonnement sous le récipient de cuisson,
- **Les cuiseurs-boîtes** munis ou non de réflecteurs extérieurs qui consistent en des caisses isolées avec une surface vitrée,
- **Les cuiseurs à capteur plan** où un fluide (air, huile) est chauffé et conduit jusqu'au caisson de cuisson.

Niveau de diffusion :

Difficilement adaptable au contexte socio-culturel rencontré en milieu rural, il rencontre néanmoins de plus en plus de succès dans les programmes de diffusion (modèle cuiseur-boîte).

L'amélioration des performances, la possibilité d'une construction locale font de lui un outil efficace sur des zones critiques de désertification.

En fort développement en Afrique de l'Est, notamment au Kenya, le facteur d'échelle tout comme pour les foyers améliorés, devra faire baisser sensiblement le prix d'achat. Il faut compter 50 à 100 € par appareil. Leur utilisation ne pourra pas se substituer complètement au foyer traditionnel (temps couvert, cuisson hors période diurne, etc.).

Les enjeux économiques, sanitaires et écologiques concernant la moitié de l'humanité sont très importants. La technique est opérationnelle ; toute la difficulté est de l'adapter aux habitudes locales.

L'ÉNERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

Deux applications majeures se dégagent : l'électrification rurale, les pompes solaires.

L'électrification rurale

L'énergie photovoltaïque totalement décentralisée est bien adaptée. Elle vient remplacer le pétrole, les piles électriques, la recharge des batteries.

Elle rend un service proche de celui du réseau électrique, sauf pour les besoins de production pour lesquels son utilisation est rarement pertinente.

Les installations individuelles ou collectives sont de conception variable, composées le plus souvent de panneaux photovoltaïques, d'une batterie, d'un contrôleur de charge / décharge et des équipements d'usage : lampes fluorescentes ou parfois halogènes, prises de courant, convertisseurs courant continu / courant alternatif (pour alimenter la radio), etc. Elles produisent du courant continu en basse tension (12 V), mais il est possible de passer en courant alternatif 220 V grâce à un onduleur.

La diffusion de systèmes photovoltaïques pour l'électrification, encore confidentielle dans certains pays, est pratiquée à grande échelle dans d'autres pays ; des dizaines de milliers de systèmes sont par exemple installés au Sénégal, au Maroc ou au Mali, avec des marchés en pleine expansion.

Coût moyen
des systèmes :

SYSTÈME INDIVIDUEL :	
- 1 lampe (portable)	150 €
- 4 lampes	700 €
- 4 lampes + radio	750 €
- 4 lampes + TV	1000 €
Éclairage public : 1 luminaire	1 250 €
Éclairage + sonorisation mosquée ou église	1 000 €

Les pompes solaires

Il s'agit de pompes électriques alimentées par un générateur photovoltaïque.

On distingue les systèmes au « fil du soleil » sans stockage d'énergie, le débit de l'eau étant directement proportionnel à l'énergie lumineuse avec nécessité toutefois de stocker l'eau) et les systèmes équipés de batteries, de moins en moins utilisés.

Niveau de diffusion :

Des milliers de systèmes de pompage photovoltaïque ont été installés en Afrique, particulièrement en Afrique francophone.

Différents dimensionnements existent, de 80 à 5 000 Wc, avec une hauteur manométrique de 1 à 100 m et des débits de 5 à 500 m³ / heure.

Leur grande fiabilité ne suffit pas à les rendre compétitifs face aux pompes diesel, avec des coûts d'investissement trop élevés.

On peut se reporter au tableau suivant avec un ensoleillement de 5 kWh/m²/jour :

	DÉBIT m ³ /JOUR	HAUTEUR MANOMÉTRIQUE (EN MÈTRE)	PUISSANCE GÉNÉRATEUR WC	COÛT DU SYSTÈME (€)
Pompe immergée	40	20	1 450	25 000 à 30 000
Pompe flottante	150	5	1 000	15 000 à 22 000
Pompe de surface à poste fixe	3	10	100	1 500 à 2 200
Petite pompe domestique	3	20	100	2 200

Pour une hauteur manométrique de 20 m, on obtient des coûts moyens de 0,5 à 1 € / m³ d'eau produite.

8]

L'ÉNERGIE ÉOLIENNE

Deux applications principales sont recensées : les éoliennes de pompage et les éoliennes de production électrique (aérogénérateurs).

Les éoliennes de pompage

L'énergie mécanique produite est utilisée pour le pompage de l'eau par le biais, en général, d'une pompe à piston.

Elle se caractérise par une faible vitesse de rotation et un couple de démarrage élevé (démarrage avec 3 à 4 m/s et arrêt lorsque le vent dépasse 10 - 12 m/s).

Les puissances obtenues sont proportionnelles au carré de la surface balayée par le rotor, (en moyenne de 1 à 2 m³ / heure / m² balayé pour 1 m. de hauteur manométrique), et au cube de la vitesse du vent.

Elles sont d'une puissance généralement inférieure à 10 kW.

Niveau de diffusion :

Il s'agit d'une technologie très ancienne avec des milliers de systèmes à travers le monde.

De nouveaux modèles plus légers et de meilleur rendement sont en cours de développement.

Cette technologie nécessite des vents de 3 à 4 m/s minimum.

Pour des systèmes rustiques, la maintenance consiste à lubrifier régulièrement et remplacer les pales défectueuses (en particulier les voiles en tissu).

Les aérogénérateurs

L'énergie contenue dans l'air en mouvement est convertie en courant électrique (alternatif ou continu). Les aérogénérateurs sont équipés d'un rotor rapide de deux ou trois pales, couplé à un stockage ou non de l'électricité (inutile pour les équipements connectés au réseau électrique).

Niveau de diffusion :

Ces systèmes demandent une bonne technicité même pour les tailles réduites.

Peu de pays en développement en fabriquent (Chine, Inde). Les applications actuelles restent pilotes en milieu rural sauf en Mauritanie.

La contrainte initiale reste le choix du site nécessitant une évaluation précise du régime des vents en cours de l'année. D'autre part, les niveaux d'investissement restent élevés (10 000 à 12 000 €/kW installé).

Toutefois, l'éolien a retrouvé une place de choix dans les programmes énergétiques des pays industrialisés, compte tenu de l'évolution des technologies pour les fortes puissances avec des coûts du Kwh produit, inférieurs aux centrales classiques.

D'importants programmes d'installations se généralisent en Europe (plusieurs dizaines de milliers de mégawatts installés).

[9

Les puissances obtenues sont variables :

CLASSIFICATION	DIAMÈTRE DES PALES	PUISSANCE ÉLECTRIQUE
Petit	inférieur à 7 m	inférieur à 10 kW
Moyenne	7 - 8 m	10 - 50 kW
Gros	8 - 12 m	20 - 50 kW
Très Gros	supérieur à 12 m	supérieur à 50 kW

Le biogaz

Les digesteurs à biogaz se caractérisent par leur capacité (6 - 12 m³ pour le modèle familial jusqu'à plus de 100 m³ pour les unités industrielles), et le type d'installation :

- **Le type « chinois »** (dôme fixe) produisant de 0,15 à 0,3 m³ de biogaz et par jour en moyenne sur l'année.
- **Le type « indien »** (dôme flottant) produisant de 0,3 à 0,6 m³ de biogaz par jour en moyenne sur l'année.

Les digesteurs produisent du biogaz essentiellement pour la cuisson des aliments et l'éclairage, ainsi qu'un effluent solide constituant un bon engrais azoté.

Niveau de diffusion :

Bien que diffusés à des millions d'exemplaires (10 millions en Chine), ils peuvent se heurter à des tabous liés à l'usage des excréments humains.

Contraintes techniques :

- disponibilité en eau,
- démarrage lent du processus bactériologique,
- difficulté de stockage et de transport du gaz.

La biomasse

Deux domaines de valorisation sont mis en avant. Ils requièrent préférentiellement l'usage d'une biomasse sèche (augmentation de son pouvoir calorifique par rapport à la biomasse humide) :

- l'usage des foyers et fours améliorés,
- autres formes de présentation de la biomasse (densification et gazéification).

• Les foyers améliorés

Afin de diminuer l'impact environnemental négatif d'une collecte intensive de bois en milieu rural, de nombreux programmes ont diffusé des foyers améliorés permettant de réduire de moitié la consommation des systèmes traditionnels (généralement les « trois pierres » pour l'usage domestique).

Leurs caractéristiques sont présentées dans la fiche N° 3.

Niveau de diffusion :

Les meilleurs succès ont été obtenus en milieu urbain sur les foyers améliorés à charbon de bois (modèle JIKO en Afrique de l'Est par exemple), où les coûts de combustibles incitaient à l'acquisition de ces modèles.

En milieu rural, outre la non-incitation économique (le bois collecté reste gratuit), la modification du foyer se heurte à des considérations socio-culturelles (vision de la flamme, présence de la fumée, chauffage, éclairage, goût spécifique, etc.).

Les succès les plus probants ont été obtenus au sein de collectivités ou dans le cadre d'activités artisanales (fours de grande capacité), où l'intérêt d'économiser la biomasse est plus marqué.

Autres présentations de la biomasse

• La densification

Il s'agit de réaliser des briquettes ou des granulés, après compression mécanique de différents produits de la biomasse (résidus agricoles, poussière de charbon de bois, sciure, etc.), pour faciliter le transport et l'utilisation de ces combustibles.

Les machines sont soit manuelles, soit motorisées, suivant les niveaux de production.

• Les gazogènes

Très utilisés en Europe durant la dernière guerre mondiale, ils produisent un gaz pauvre à partir de la combustion partielle de la biomasse. Ce gaz peut être brûlé directement, ou être utilisé dans un moteur à combustion interne.

Niveau de diffusion :

Les briquettes densifiées trouvent des difficultés à se positionner sur le marché des combustibles ; trop chères pour le milieu rural, elles sont délaissées pour d'autres énergies (kérosène etc.), en milieu urbain.

Les gazogènes se justifient par des applications industrielles dans des sites boisés isolés, mais l'usage de tels systèmes implique beaucoup de contraintes techniques (maintenance, dégagement de fumée, etc.). Cette technique est très utilisée au Brésil et se développe progressivement en Asie.

L'énergie hydraulique

L'énergie hydraulique est utilisée depuis très longtemps sous forme d'énergie mécanique

transmise par l'arbre d'une roue à aube : moulins à grains, scieries, entraînement de machines textiles, etc.

Ces applications sont encore largement utilisées. Néanmoins, une utilisation plus souple et beaucoup plus étendue de l'énergie hydraulique est apparue au XXe siècle : la production d'électricité. Celle-ci peut s'opérer à presque toutes les échelles de la production électrique, depuis la production domestique (pico, micro-centrale hydraulique de quelques dizaines de watts à quelques kilowatts), jusqu'à la production nationale (grandes centrales de plusieurs centaines de mégawatts).

Une centrale hydroélectrique est en général composée d'une adduction d'eau (conduite forcée), d'une turbine, d'un système de régulation, d'un générateur et d'une distribution électrique.

La construction de grandes centrales très fréquente dans les années 1960 à 1990, devient plus rare car les sites utilisés sont désormais peu nombreux et les impacts sociaux et écologiques sont très lourds (déplacement de population, etc.). Par contre, le champ d'application de la micro ou de la mini-hydraulique est très vaste. De nombreux cours d'eau sont encore peu équipés ; les impacts sociaux positifs et l'intégration environnementale plus facile. La micro-hydraulique peut aussi être complémentaire d'autres usages de l'eau : irrigation, adduction d'eau potable, etc. Il faut cependant faire attention à ne pas générer de concurrence concernant l'utilisation de l'eau. Elle est bien adaptée à l'électrification des sites isolés, là où le réseau électrique ne peut s'étendre pour des raisons économiques.

Niveau de diffusion :

La mini et la petite hydroélectricité sont très largement répandues en Asie (plus de 8 000 mini ou petites centrales en Chine), et en Amérique Latine, où elles produisent des milliers de mégawatts. Comme pour l'énergie photovoltaïque, les coûts initiaux sont élevés et très liés au réseau électrique à mettre en place. En revanche, les coûts de fonctionnement sont faibles.

Les coûts du kW varient fortement avec le niveau de puissance installé, surtout pour du matériel importé. On peut retenir un ordre de grandeur de 2 000 €/kW installé pour des centrales de 10 kW à 100 kW, hors distribution. Il faut noter que la mise en œuvre d'un équipement hydroélectrique peut largement faire appel aux compétences locales.

• Stratégie pour les choix énergétiques en milieu rural

Au vu des expériences passées, la règle de base de tout nouveau programme est d'impliquer, dès le début, les bénéficiaires et de réaliser une étude comparative entre les différents choix avant tout démarrage d'activités.

La première étape de l'analyse est de cerner les enjeux liés à la maîtrise des consommations énergétiques pour les différents usages.

Néanmoins, ceci suppose la connaissance de l'évolution de la demande qui peut rendre caduque cette première approche. Par exemple si la consommation de bois en usage domestique peut être réduite d'un tiers par une meilleure maîtrise (pratiques, foyers améliorés), et si dans la même période la pression démographique s'est rapidement accentuée, la portée de ces efforts sera moins sensible sur le plan quantitatif.

Ensuite, il reste à définir avec les bénéficiaires une grille d'analyse comprenant différents critères de comparaison entre les stratégies, et permettant d'élaborer des choix :

- le coût (des équipements, de l'encadrement, de la formation, etc.) et son financement (les utilisateurs, le secteur public, etc.),
- l'impact environnemental (lutte contre la désertification, pollution générée, etc.),
- la création de nouvelles activités économiques viables.

En règle générale, le coût de l'investissement initial pour les énergies renouvelables est plus important que pour les énergies conventionnelles et suivant les politiques de subvention, les temps de retour des investissements sont très variables.

L'ensemble des applications liées aux énergies renouvelables a cependant atteint une maturité technologique ; les blocages majeurs restent socio-économiques.

A présent, il reste à innover sur les modes de diffusion, de promotion et sur les mécanismes de crédit tout en responsabilisant les bénéficiaires à la gestion de ces nouveaux équipements.



Photo : J.F. Rozis

Des céramiques pour équiper des foyers Sewa pour la cuisson.

Bibliographie :

- Fiche technique PRISME - Thématique : Les politiques de maîtrise de l'énergie - Fiche n° 7 IEPF, 2006
- Repères du Centre de développement de l'OCDE : Énergie et pauvreté en Afrique, Céline Kauffmann, 2005
- Étude d'impacts des technologies d'énergies nouvelles et renouvelables, PNUD, Novembre 2001
- Communautés locales et gestion durable des énergies en Afrique, cas de la Côte d'Ivoire, Cyriaque N'Goran, avril 2006
- Développement des énergies renouvelables en Mauritanie, IED, 2004
- Rôle des Energies Renouvelables sur le développement d'activités productives en milieu rural Ouest Africain : le cas du Sénégal, ENDA, mars 2005
- Situation du secteur de l'énergie au Togo, RIAED, 2004
- La biomasse : Ressource Énergétique, CIRAD, 2005
- L'eau : une importante source d'énergie ? Ouganda, 2005

Sites Internet :

- Site de L'accès aux services énergétiques en Afrique de l'Ouest : <http://www.energie-omd.org/>
- Site de Environnement et développement du Tiers Monde : <http://www.enda.sn/>
- Site du projet BEPITA, plateforme sur la biomasse-énergie : <http://bepita.net/>
- Site du RIAED - Réseau international d'accès aux énergies durables : <http://www.riaed.net/>
- Site de YIL Agence, dédié à la veille technologique internationale sur l'énergie et les énergies renouvelables : <http://www.planetenergie.org/>

Auteurs

Jean-François ROZIS - consultant indépendant,
expert bois-énergie, transfert de technologie vers les Pays
du Sud - France - courriel : rozisjf@club internet.fr

Swan FAUVEAUD

GERES - 2 cours Foch - 13400 - Aubagne - France



Édition : YIL Agence - Mars 2009
7 bis, rue Decrès, 75014 - Paris.

Tél : 01 45 45 17 49 - Fax : 01 45 45 19 34

<http://www.yilagence.org>

Courriel : yilagence@planetenergie.org

ISBN : 978-2-918222-01-9

Dépôt légal : Mars 2009

ÉNERGIES DURABLES ET DÉVELOPPEMENT EN MILIEU RURAL EN AFRIQUE.

DOSSIER PÉDAGOGIQUE

FICHE N° 1.

- L'ÉNERGIE ET LE DÉVELOPPEMENT

FICHE N° 2.

- LES CHOIX ÉNERGÉTIQUES EN MILIEU RURAL, L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET LA PLACE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

FICHE N° 3.

- LA CUISSON DES ALIMENTS

FICHE N° 4.

- L'APPROVISIONNEMENT EN EAU

FICHE N° 5.

- L'ACCÈS À L'ÉLECTRICITÉ ET SES APPLICATIONS DOMESTIQUES

FICHE N° 6.

- L'HABITAT : MATÉRIAUX ET CONFORT DE VIE

FICHE N° 7.

- L'ÉNERGIE DANS LES STRUCTURES DE SANTÉ

FICHE N° 8.

- LES TÉLÉCOMMUNICATIONS

FICHE N° 9.

- L'ACCÈS À L'ÉNERGIE ET SES UTILISATIONS DANS L'AGRICULTURE

FICHE N° 10.

- L'ÉNERGIE ET LES TRANSFORMATIONS ALIMENTAIRES



FICHE N° 3

LA CUISSON DES ALIMENTS

Auteur
Jean-François ROZIS

Après un réel immobilisme sur les équipements et les modes de gestion des combustibles associés (biomasse environnante), dans les secteurs de la cuisson domestique et artisanale en milieu rural, la situation va certainement évoluer dans les décennies qui s'annoncent.

Cette fiche s'attache à faire le point sur la situation actuelle de la cuisson domestique, les enjeux, les initiatives mises en œuvre, les technologies disponibles, le cas spécifique de la cuisson artisanale, les modes de gestion durable des combustibles environnants et les raisons de ce changement annoncé.

Des liens Internet sont fournis en dernière page pour ceux qui voudront aller plus loin.

3

SOMMAIRE

- État des lieux **P.1**
- Les leçons de l'expérience acquises **P.5**
- Les différentes technologies des équipements de cuisson domestique **P.9**
- Le cas particulier de la cuisson artisanale des produits alimentaires **P.11**
- Les approches alternatives **P.12**
- Méthodologies de diffusion **P.13**
- Approches innovantes **P.14**
- Pour aller plus loin... **P.15**

Etat des lieux

La cuisson est, avec la production des aliments, l'un des besoins de base incontournable.

En milieu rural, ce besoin est essentiellement satisfait par des biomasses et en particulier par du bois, dans la grande majorité des cas non commercialisés.



Le bois reste le combustible dominant

Les distances parcourues pour récolter le bois varient évidemment avec l'abondance locale du bois ; de quelques dizaines de mètres pour les chutes de bois venant du verger, de deux à cinq kilomètres le plus souvent, pour récolter les résidus de défrichage ou le bois mort de la brousse proche, mais parfois beaucoup plus loin, jusqu'à 50 km ! Le ramassage et le transport du bois, à dos de femme le plus couramment, parfois à dos d'âne ou par charrettes, peut prendre alors plusieurs heures par jour. La collecte du bois comme la préparation des repas est une tâche considérée, dans la plupart des sociétés, comme spécifiquement féminine. Les femmes se font parfois aider par les enfants.

Quand le bois devient trop rare, il est aussi fait appel à d'autres biomasses certes souvent moins commodes à utiliser que le bois. Dans les zones arides, de nombreux ménages consomment aussi de la paille de mil, des buissons et parfois des bouses séchées qui n'iront plus nourrir la terre.

Une pression grandissante sur la biomasse

Il devient rare de trouver des zones rurales où les temps de collecte n'ont pas augmenté ces dernières années, même en Afrique tropicale humide. Les raisons sont nombreuses : pressions démographiques, pressions agricoles (perte de fertilité des sols, érosion), absence de gestion durable, sécheresse récurrente.

À ces causes « classiques » s'ajoutent de nouvelles :

- une hausse constante du prix des combustibles fossiles (gaz, kérosène), entraînant systématiquement un retour des ménages urbains vers le bois et le charbon de bois, d'où une pression grandissante sur la biomasse rurale
- une nouvelle pression agricole avec la recherche de terres pour produire des biocarburants à bas coûts en Afrique (nouvelle culture de rente).

Il faudrait sans vouloir être trop alarmiste ajouter aussi une perspective de manque d'eau dans les zones tropicales sèches, donc une réduction de productivité de la biomasse due au réchauffement climatique.

Enfin, dans les zones présahariennes comme en Mauritanie on est parfois déjà dans l'après bois de feu ; lorsqu'on dispose de revenus suffisants on recourt au gaz ou au pétrole lampant.

En milieu rural, on reste sur des ratios de 80 à 90 % pour la biomasse comme ressource énergétique pour les besoins de cuisson domestique. Une consommation de 6 à 10 kg par famille par jour, soit 2 à 4 tonnes par an par famille.

Avec 750 millions d'habitants en Afrique, une population rurale estimée à 55%, c'est donc 275 millions de tonnes de biomasse qui partent en fumées lors de la cuisson des repas journaliers ou encore 360 millions de tonnes équivalent CO₂ émis dans l'atmosphère.

Fumeuses sans le savoir !

Que ce soit dans les zones riches ou déficitaires en bois, un des principaux problèmes que peut poser le bois de feu utilisé en foyer ouvert rustique dans des cuisines mal ventilées, généralement sans conduit de fumée, concerne la santé des utilisatrices. L'exposition aux fumées du feu de bois peut engendrer des maladies pulmonaires et oculaires comparables à celle des grands fumeurs. Ces effets ne sont que rarement perçus comme aigus par les intéressées.

Beaucoup de recherches épidémiologiques ont été menées ces dernières années : on estime que l'exposition aux fumées de foyer de cuisson à biomasse provoque directement la mort de 1,6 millions de personnes par an, la moitié étant des enfants (OMS, 2002).

Repas du midi : mélange du mil et de l'eau



Photo : J-F Rozis

Les études qui ont été faites dans des habitations villageoises avec cuisine intérieure indiquent que les taux de concentration de monoxyde de carbone, de particules et d'hydrocarbures, peuvent être largement supérieurs aux taux existants dans les citées industrielles très polluées. D'autres études sur l'exposition humaine aux fumées montrent que les habitants, en particulier les femmes qui cuisinent et l'enfant qu'elles portent sur leur dos, sont exposés à un grand nombre de polluants majeurs, tels le monoxyde de carbone, le formaldéhyde et le Benzo-Alpha-Pyrène, dans des proportions bien plus importantes que celles constatées chez un grand fumeur.

ÉMISSIONS TOXIQUES	CONCENTRATION PENDANT LA CUISSON (3 À 6 HEURES PAR JOUR)	NORMES RECOMMANDÉES	DOSE ÉQUIVALENTE (NOMBRE DE PAQUETS DE CIGARETTES PAR JOUR)
Monoxyde de carbone	200 ppm	100 ppm maxi pendant 15 minutes (OMS)	2
Particules Totales en Suspension (mg/m ³)	15	75 (Japon)	4
Formaldéhyde (µg/m ³).	20	16 (Europe)	11

Sources : Unicef 92

Une forte pénibilité

La pénibilité de la collecte du bois est très fortement ressentie par les femmes qui ont aussi en charge, la maison, les enfants, les travaux agricoles, le puisage de l'eau, etc.

Ce sont plusieurs heures par semaine passées à se déplacer sur les sites de collecte, la coupe avec des outils souvent peu adaptés, et une charge de bois pouvant aller jusqu'à 50 kilogrammes. En Afrique rurale, on estime cet effort de collecte entre 20 à 40 tonnes transportées sur un km/an.

La phase de cuisson est souvent inconfortable, risques de brûlures, présence de fumées, forte chaleur de rayonnement. Certains décideurs considèrent qu'il ne s'agit pas d'un problème en soi. Néanmoins l'accueil très favorable par les femmes concernées à des équipements assurant des conditions plus confortables ne fait pas de doute sur l'infondé de cette vision idyllique et irresponsable de ces décideurs.

L'impasse de la substitution avec les énergies fossiles

Avec le recul, on peut parler d'impasse des programmes de subvention des énergies fossiles, généralement du gaz (GPL ; Gaz de Pétrole Liquéfié).

Le recours à de tels combustibles apporte évidemment des solutions en terme de pollution intérieure et de rendement énergétique, de forte diminution de la pénibilité, un réel confort d'utilisation. Hélas, de par son coût, il creuse les écarts entre couches sociales.

Des programmes de subvention du gaz (on parle de programme de butanisation) sont toujours de rigueur, mais peu à peu abandonnés par l'incapacité des gouvernements à financer sur le long terme de telles actions, vu la montée inexorable des prix des produits pétroliers.

Le temps du pétrole et du gaz peu chers est révolu. En milieu rural, il s'agit donc de proposer d'autres approches plus réalistes avec les contraintes actuelles.



Photo : J-F Rozis

Femme transportant du bois

Le foyer « trois pierres », le champion toutes catégories, difficile à détrôner.

Il est installé dans les cuisines depuis la nuit des temps, issu de la technologie préhistorique. En milieu rural en Afrique, on peut estimer sa présence dans 80 à 90% des ménages. Plus ou moins sophistiqué, seulement trois pierres pour caler la marmite et permettre le positionnement du bois en dessous, plus ou moins enterré, avec des parois latérales pour limiter les pertes et favoriser le passage des flammes autour de la marmite.



Photo : J-F Rozis

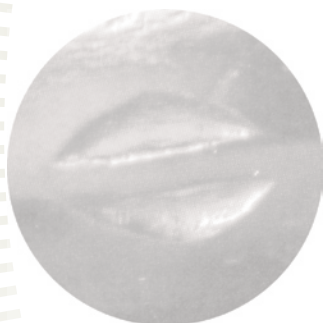
Ustensile posé sur 3 pierres

Sa grande force : un coût nul, construit généralement par la femme qui l'utilise, s'installe à l'intérieur et à l'extérieur de la maison sans crainte de vol ou d'être abîmé. Il s'adapte à l'ensemble des marmites de la famille. Le soir, il produit une lumière chaleureuse au moment des repas, voire produit une fumée qui éloigne les insectes.

Il fonctionne avec une large gamme de biomasses (sauf avec les faibles granulométries). Son rendement énergétique est bien sûr faible, entre 10 et 15% en situation normale, mais s'il est bien conduit avec du petit bois très sec et une marmite de taille adaptée, on peut espérer un rendement de 25 voire 30% !

4]

Il s'agit donc d'un concurrent sérieux pour toute tentative d'introduction de nouveaux modèles de foyers, ce qui explique le peu de programme de large diffusion de foyers améliorés en milieu rural (contrairement au milieu urbain où l'on compte des millions d'unités diffusées en Afrique).



Malgré un résultat encore peu visible sur le terrain en milieu rural, les nombreuses expériences passées ont permis d'accumuler des savoir-faire en termes de diagnostic, d'implication des populations concernées, de gestion durable des ressources, de transfert de technologie, de promotion et de diffusion d'équipements plus performants.

Les possibilités d'intervention sur une zone rurale se regroupent en deux catégories : les actions sur l'offre (production de biomasse, énergie de substitution), et sur la demande (équipements plus performants, réduction des besoins), en énergie de cuisson.

En théorie, il est souhaitable d'intervenir sur les deux pour avoir un impact visible et durable. Il s'avère pourtant qu'il n'est pas toujours possible d'appuyer ou de susciter des actions dans ces deux domaines en même temps ; les interlocuteurs, les enjeux, les moyens, la durée, n'étant pas les mêmes.

La phase de diagnostic

Cette phase est essentielle pour avoir sur la zone d'intervention, une connaissance relativement précise des problèmes, des potentialités sur la thématique de la cuisson, mais avant tout de détecter les personnes et organisations qui faciliteront le transfert de savoir-faire, l'adaptation des équipements et des nouveaux modes de gestion des ressources.

On peut notamment s'appuyer actuellement en Afrique sur le processus de décentralisation en cours ainsi que sur les nombreuses organisations paysannes. Elles seront les relais indispensables pour réaliser un diagnostic rapide et pertinent.

L'analyse de l'offre en énergie de cuisson passe par la caractérisation de la biomasse utilisée pour la cuisson (essences forestières, arbustes, déchets agricoles, bouses, autres déchets, etc.), son niveau de productivité annuelle, son mode de collecte.

En effet, pour atteindre un mode de gestion durable, il s'agit d'équilibrer cette production annuelle des zones de collecte avec la demande en énergie.

La méthode utilisée est un inventaire forestier, qui permet de connaître le potentiel de croissance suivant le type d'arbre, d'arbuste, la qualité du sol et le climat local. Cette information est rarement disponible en milieu rural, il faut donc se donner les moyens pour la réaliser (cartographie, délimitation des sols, identification des zones de collectes, chemins pastoraux, droits d'usage, extension agricole, autres aménagements prévus, etc.).

Il s'agit aussi de suivre la collecte (zone, saisonnalité, stockage, outils de coupe, etc.), pour en connaître ses limites et les possibilités d'amélioration.

A l'échelle d'un village, c'est un travail qui peut durer 5 à 6 mois.

L'analyse de la demande en énergie de cuisson

Il s'agit de caractériser les comportements énergétiques, les équipements, les niveaux de consommation.

DIFFÉRENTS OUTILS SONT DISPONIBLES :

- enquêtes dans chaque famille (ou sur un échantillon représentatif),
- réunions spécifiques dans un schéma de diagnostic participatif,
- description d'une journée type dans une famille type sur les comportements énergétiques,
- test de consommation des équipements de cuisson.

Des modèles de ces outils de diagnostic de la demande sont détaillés sur le site Internet du RIAED (voir en dernière page).

Si d'autres types d'unités de production (autre que la cuisson alimentaire) sont présentes sur la zone, il faudra aussi les caractériser (briqueteries, poteries, etc.), afin de connaître la consommation énergétique issue de la biomasse environnante.

Ce travail peut être réalisé en deux/trois mois dans un village de 100 familles.

Pour une zone de collecte donnée, on connaîtra à la fois la ressource en biomasse et le niveau de consommation énergétique (cuisson domestique, artisanale, autres besoins), et on pourra dresser le bilan de consommation.

Cette « photographie » de l'état des lieux avant intervention permettra de valider le futur impact de l'intervention. Avec des outils, types logiciels de simulation géographique, il est aussi possible de montrer l'impact sur le couvert forestier/arbustif suivant les scénarii retenus (réduction de la demande, plantations spécifiques, utilisation des déchets agricoles, etc.).

Quelle stratégie pour la gestion des ressources en biomasse-énergie ?

Il s'agit de positionner clairement la notion de richesse durable issue de la biomasse-énergie que ce soit

pour répondre aux besoins de cuisson locaux mais aussi pour commercialiser l'excédent vers les villes. Une gestion durable des forêts ne pourra être atteinte que si les populations concernées tirent avantage en terme de revenus du bois que produisent les forêts qui sont à leurs portes et se sentent ainsi concernées par leur pérennisation.

En règle générale, on peut s'avancer sur l'idée qu'il vaille mieux réserver pour un usage énergétique local les ressources en biomasse peu valorisables en l'état sur les circuits commerciaux : déchets agricoles, arbustes, rebus d'élagages d'arbres fruitiers/fourragers, autres biomasses. Les plantations spécifiques serviront à commercialiser la biomasse-énergie de manière durable vers les villes (charbons, bûches, bûchettes, etc.), avec des techniques de coupe en taillis, le choix d'essences forestières adaptées, le choix des sites de plantations, le développement de l'agroforesterie, des fours de carbonisation plus performants.

L'évolution qualitative des boisements est presque aussi importante que l'évolution quantitative ; cela non seulement en relation avec les besoins en bois de feu mais aussi avec les besoins en plantes médicinales, en fruits, en perches. Il s'agit de répondre aux besoins variés de la population et ne pas proposer seulement des plantations énergétiques de type monoculture.



Photo : J-F Rozis

Communauté forestière

Les formes de gestion sont diverses et doivent être adaptées à la loi sur la forêt, au droit foncier. On parlera de communauté forestière, de bosquet villageois, d'unités de production agricole. On cherchera à impliquer de manière efficiente les femmes qui sont directement concernées par la gestion de la biomasse (moins de temps de collecte, combustible adapté à leur cuiseur, possibilité de génération de revenus).

L'effet de telles approches n'est visible que sur la durée, soit entre 5 à 10 ans pour les plantations à croissance rapide pour l'utilisation énergétique.

A savoir : La connaissance du type de biomasse utilisée et/ou qui sera gérée de manière durable sera prépondérante dans le choix et la conception du futur cuiseur. Un cuiseur sera d'autant plus performant qu'il sera adapté à son combustible.

L'agroforesterie

Lorsque les densités de population deviennent trop importantes, il n'est guère possible de préserver les forêts, il faut alors associer arbres et cultures, à la fois pour protéger les sols, faciliter la re-circulation des éléments minéraux, fixer de l'azote, et en même temps produire des fruits et du bois de feu. Dans les zones de savane de l'Afrique de l'Ouest le Groupe Oléasilva du R.A.B.E.D.E (Réseau Africain Bioressources et Energies pour le Développement et l'Environnement), a considéré à la suite du lancement de l'Observatoire du Sahara et du Sahel dans les années 90, que le meilleur moyen d'intéresser les ruraux à la protection et à la plantation des arbres était de favoriser la valorisation des produits des arbres et en particulier les oléagineux. Parallèlement le Groupe d'Etude de l'Arbre s'est intéressé aux travaux à mener sur les arbres et arbustes fourragers, fruitiers ou forestiers des zones arides et semi-arides au nord et au sud du Sahara pour en tirer le meilleur parti.

De nombreuses expériences d'agroforesterie existent dans les pays sahéliens, certaines connaissant des succès durables en particulier dans les sociétés où la place de l'arbre dans l'exploitation agricole a toujours été prise en compte. Des études approfondies ont montré que quelque soit le climat, les paysans savaient cultiver des arbres et le font en outre très fréquemment autour de leurs concessions (haies, arbres fruitiers). Là aussi, envisager d'accompagner l'extension à plus grande échelle de ces plantations demande de prendre en considération les conditions locales, en particulier dans les domaines du foncier et des hiérarchies sociales (autorisant ou pas la prise d'initiatives de certaines personnes ou groupes sociaux), et les relations administrations forestières/villages.

Quelle stratégie pour l'introduction de cuiseurs plus économes en milieu rural ?

Pour la cuisson domestique en milieu rural, l'élément déclencheur de l'acte d'achat est lié à d'autres facteurs que la seule réduction de la consommation. On recherchera plutôt les aspects modernité, facilité de cuisson, confort, robustesse, garantie de qualité, facilité d'acquisition, circuit de distribution proche, autres services non rendus par le foyer trois pierres (production simultanée d'eau chaude, chauffage, etc.), sensibilisation à l'impact sanitaire des fumées.

Les outils de diagnostic participatif ont permis d'élaborer préalablement le cahier des charges de ce nouvel équipement répondant aux besoins exprimés des femmes. De ce cahier des charges défini avec la population concernée dépendra le futur succès du programme.

[7



Modèle de cahier des charges d'une cuisinière multifonction à combustion performante au Nord du Maroc, coût final en phase large diffusion autour de 100 euros maxi.

Technique :

Facilité d'utilisation : une seule puissance.

Durée utilisation : une heure, deux fois par jour.

Compact et facile à intégrer dans les cuisines. Esthétique soignée.

Puissance de 5 kW à ne pas dépasser (1,25 kg bois/h).

Bûches de 60 cm de long maxi, diamètre 10 cm maxi.

Fonctions simultanées :

- Chauffage 15 litres d'eau en 30 minutes à ébullition dans un récipient cylindrique, puisage par robinet, remplissage par le haut.

- Cuisson rapide et lente. Plaque métallique à 300°C - 120°C.

Dimensions pour cocotte minute et plat à tajine.

Hauteur de travail ergonomique.

- Chauffage local (inertie) pendant et entre deux cuissons.

Limiter la puissance de chauffage pour l'été. Option isolation estivale.

- Option cuisson du pain pour cuisinière haut de gamme.

Rendement global mini 80%, sortie des fumées à 150°C maxi.

Construction/diffusion :

Matériaux locaux, production d'éléments standards pour une construction sur site en 2 jours maxi. Mode de diffusion commercial, promotion et crédits relais.

8]

Contrairement au milieu urbain, les circuits de distribution d'équipements sont peu présents, les contextes sont très variables suivant les zones (besoin ou non de chauffage, grande quantité d'eau chaude avec cuisson ou non, etc.), les populations concernées ont une faible capacité d'achat.

Une étape de conception - adaptation et validation de ce nouveau cuiseur est donc toujours nécessaire. Les utilisatrices feront partie du processus de validation du nouvel équipement. On cherchera à utiliser des matériaux locaux et une construction locale pour obtenir un coût final le plus bas possible.



Les différentes technologies des équipements de cuisson domestique

Nous présentons ici les différentes technologies qui sont en fait liées aux principes de combustion.

On peut distinguer 3 grands groupes actuellement en utilisation :

- La combustion montante sur grille.

La première amélioration possible d'un foyer « trois pierres » est d'insérer une grille plutôt épaisse, bien aérée (40% d'espace vide). Ainsi, on maintient plus facilement la formation du lit de braises. En ajustant au mieux la hauteur entre cette grille et le dessous des plats à cuire avec des ergots de supports entre 1 et 2 cm maximum, on obtient un échange de chaleur satisfaisant, on peut obtenir jusqu'à 40% de rendement (une économie de 50% face aux trois pierres).

Cette technologie a connu les plus larges diffusions de foyers améliorés vu son faible coût (moins d'une dizaine d'euros), un faible changement dans les habitudes avec une économie entre 25 et 50% suivant la rusticité du modèle traditionnel. Toutefois, pour être efficace il nécessite un bois taillé en petit diamètre ce qui n'est pas souvent le cas en milieu rural ce qui peut bloquer sa diffusion. On voit ici encore la nécessité de lier l'approche gestion de biomasse pour la cuisson à la diffusion d'équipements.



Photo : J-F Rozis

C'est la technologie faible coût qui commence à se substituer à la combustion simple sur grille. Le principe repose sur le confinement de la zone de braises et la production de flamme en partie basse d'une cheminée verticale d'une trentaine de centimètres fortement isolée. Par ce biais, la combustion est sensiblement améliorée (zone environnante plus chaude, temps réel de combustion complète plus élevé). La température de flamme approche les 900°C dans les cas les plus favorables. Ce meilleur rendement de combustion rejoint le souci actuel d'apporter une réponse aux conséquences sanitaires des fumées des foyers traditionnels (feu ouvert, température de flamme basse autour de 600°C).

Les économies engendrées se rapprochent de celles permises par la technologie sur grille simple.

Les modèles doivent être développés pour chaque contexte (diamètre de l'entrée du bois, passage de l'air dans les braises, diamètre et hauteur de la cheminée, des supports), pour l'adapter à la puissance et aux marmites locales.



Photo : J-F Rozis

- La combustion en L : principe du «rocket stove »

- **La gazéification - combustion séparée**

Cette technologie a vu le jour dans les pays industrialisés face aux exigences des normes qualitatives sur la nature des fumées des appareils de chauffage au bois. Elle est dérivée du principe des gazogènes qui produisent un gaz combustible, associé à un développement performant des flammes.

On sépare ainsi deux zones dans la production de cette flamme à haute température :

- **la zone de gazéification**

Le bois introduit repose sur un lit de braises entretenu par un apport minimal d'air avec ou sans grille. Ainsi, une partie du bois est soumise à une chaleur suffisante pour provoquer sa gazéification. En fonctionnement nominal le gaz ainsi produit ne s'enflamme pas dans cette chambre, la température reste en dessous du seuil d'inflammabilité du gaz produit.



Photo : J-F. Rozis

Modèle Planète Bois au Cambodge pour petit artisanat, qualité de combustion la plus aboutie, autour de 300 ppm de CO à 13% d'O₂, forte réduction des imbrûlés et poussières fines.

- **la zone de combustion proprement dite**

Le gaz produit est alors entraîné (tirage naturel par conduit de fumée ou assisté par ventilateur), dans la zone de combustion où l'air secondaire injecté permet une combustion maintenue à haute température, le temps nécessaire à une combustion la plus complète possible.



Photo : J-F. Rozis

Modèle « Wood Gas stove »
fonctionnant avec biomasse, vrac de petite dimension, appelé aussi technologie T-LUD

10]

Nous sommes seulement au début de l'introduction de cette technologie pour les milieux ruraux faiblement monétarisés ; les premiers résultats sont très prometteurs (possibilité d'utiliser les matériaux locaux, gain de 15 à 20 points de rendement face aux technologies sur grille simple ou « rocket stove », puissance très régulière, absence d'imbrûlés). On se rapproche du mode d'utilisation d'équipements au gaz avec un haut niveau de confort.

Au Cambodge, des équipements de ce type pour la production familiale de sucre de palme sont en phase de prédiffusion pour un coût de 32 850 FCFA¹ avec une construction en kits tubulaires céramiques (cf. lien Internet en dernière page) : <http://www.riaed.net>

Dans le cas des cuisinières multifonctions pour les régions froides (cuisson, eau chaude, chauffage), on atteint un rendement global de 80%, soit pour un même service énergétique rendu avec les équipements traditionnels, une réduction d'un facteur quatre de la biomasse-énergie consommée dans le cas du Maroc.

1 > Taux de change : 1€ = 657 FCFA



Le cas particulier de la cuisson artisanale des produits alimentaires

Sur une zone de collecte, la cuisson artisanale représente une faible proportion de la consommation globale en biomasse énergie, la cuisson domestique restant largement majoritaire.

Il est toutefois plus aisé de commencer par ce secteur commercial plus motivé pour des raisons essentiellement économiques à investir dans un équipement garantissant une réduction de la consommation de combustible.

La stratégie est plus simple que dans le cas de la cuisson domestique, sachant qu'en règle générale, une partie importante de la biomasse est achetée. Un équipement plus performant sera rapidement amorti et augmentera la productivité de l'entreprise concernée.

Des approches comprenant du crédit, des garanties qualité facilitent alors sa diffusion.

On doit ajouter que la conception du nouvel équipement prendra en compte l'amélioration du produit fini (cuisson mieux maîtrisée, puissance adaptée, niveau de température mieux défini, absence de goût de fumée, ustensile de cuisson mieux adapté).

Sur les aspects énergétiques, on cherchera à proposer un équipement collectif plutôt qu'une multitude d'équipements individuels. Pour une même technologie, les économies de combustibles sont plus importantes avec un équipement collectif, qu'avec une série d'équipements individuels (moins d'inertie, moins de pertes thermiques par les surfaces externes).

A titre d'exemple, on présente ici un tableau de consommation de cuisson artisanale en Afrique

CONSOMMATIONS INDICATIVES DE BOIS POUR LA FABRICATION DE QUELQUES ALIMENTS DE BASE EN AFRIQUE

PRODUITS (ET PAYS CONCERNÉS)	CONSOMMATIONS SPECIFIQUES
BOUILLIES ET BOULETTES DE MAIS FERMENTE (Bénin, Cameroun Ghana, Nigeria)	0,2 kg de bois par kg
BIERE DE SORGHO (Burkina Faso, Cameroun, Nigeria, Togo, Congo Sénégal, Afrique du Sud, etc.).	0,5 à 1 kg de bois par litre de bière au Burkina Faso. Coût du combustible : 25 à 30 % du coût de production.
SUCRE ROUX DE CANNE (Ouganda, Tanzanie, Kenya, etc.).	1,8 à 2,5 kg de bois par kg de sucre.
SEMOULE DE MANIOC (Bénin, Cameroun, Ghana, Togo, Nigeria)	2 à 3 kg de bois par kg de semoule
HUILE DE PALME (Bénin, Cameroun, Congo, Côte d'Ivoire, Gabon, Guinée, Nigeria, RCA, Sénégal, Sierra Leone, Togo, Zaïre, etc.).	7 à 8 kg de bois par kg d'huile, 15% des dépenses pour le combustible en Côte d'Ivoire.
BEURRE DE KARITE (Bénin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Gabon, Gambie, Mali, Nigeria, Sénégal, Soudan, Togo, Congo)	8,5 kg de bois par kg de beurre au Mali
POISSON FUME (Bénin, Côte d'Ivoire, Gabon, Ghana, Madagascar, Mali, Nigeria, Sénégal, Sierra Leone, Tanzanie, Tchad, Congo)	3 à 10 kg de bois par kg de poisson frais

[11

Source : consommation de bois et artisanat alimentaire. Fiche technique ABF, Jambes JP, Laura Ph, Demante M.J, 1991

La marmite norvégienne

La marmite norvégienne est une ancienne technique qui fut d'ailleurs utilisée en Europe pendant la deuxième guerre mondiale pour économiser les combustibles de cuisson. Elle est constituée d'un panier ou d'une marmite (terre ou métal), isolé avec du papier d'aluminium, des copeaux, des chiffons ou tout autre matériau isolant. On y dépose dedans les aliments, dans leur récipient de cuisson, cuits aux trois quarts et très chauds. Les aliments continuent à cuire en mijotant dans la marmite isolante. Cette technique convient bien pour achever la cuisson des haricots, du riz et des sauces par exemple. On note des succès d'introduction pour des populations urbaines sensibles aux économies de combustible. En milieu rural, cette technologie est pertinente dans des contextes de forte pénurie en biomasse.

Le biogaz

Cette technologie est fonctionnelle dans la mesure où un gisement régulier de matières putrescibles et de l'eau sont disponibles. En Asie, les digesteurs familiaux sont très répandus notamment chez les éleveurs de porcs valorisant ainsi le lisier. Un élevage de 5 à 10 bêtes permet de fournir suffisamment de biogaz pour les besoins de cuisson d'une famille. Le facteur déclenchant l'acquisition du système y est souvent l'absence d'odeur et de mouches de par l'installation d'un tel digesteur. Les coûts d'investissement se situent autour de 500 euros. Hors subvention, c'est une technologie pour une classe aisée en milieu rural. En Afrique rurale, rares sont encore les endroits où les besoins et les capacités d'investissements sont suffisants pour envisager le développement du biogaz. Il faut que les agriculteurs concernés soient déjà en phase d'intensification agricole très avancée.

Les combustibles fossiles

Nous avons vu la limite de la butanisation avec le coût croissant de tels combustibles. Les efforts de subvention devraient plutôt être mis sur la production

de biomasse durable à l'échelle villageoise. Concernant les équipements, pour faciliter l'acquisition, des fours et accessoires à bas coûts sont diffusés avec un risque réel d'intoxication, voire d'explosion. Des rampes de combustion sont réalisées avec des soudures dangereuses, des systèmes de pré-mélange après l'injecteur peu efficaces (faible entraînement de l'air primaire), produisant des combustions de mauvaise qualité (flammes jaunes, risque de soufflage de la flamme). Ainsi, les efforts de subvention sont contrecarrés par la faible performance des équipements, les utilisateurs paient donc cher l'usage.

Tout programme voulant favoriser la butanisation devra faciliter la diffusion d'équipements à faible coût économes en gaz (formation des constructeurs locaux, promotion des équipements plus économes, label de qualité, etc.).

La cuisson solaire

Beaucoup de travaux ont été menés sur les outils de cuisson solaire. La technologie fonctionne et divers modèles sont validés sur le terrain.

Compte tenu des habitudes des zones rurales, de la longueur des temps de cuisson (en particulier des céréales), imposée par les équipements disponibles et surtout du coût des appareils de cuisson, il ne semble pas réaliste actuellement de développer cette filière ailleurs que dans les collectivités, et les contextes à forte pénurie de biomasse. Le coût d'un cuiseur familial efficient et durable se situe autour d'une centaine d'euros, bien trop élevé pour un cuiseur d'appoint, certaines cuissons devant continuer à être réalisées sur le cuiseur à biomasse (forte ébullition, friture, grillade, etc.).

On définit ici les étapes d'introduction d'un nouvel équipement. Suivant le contexte, le travail à mener se situera à différentes étapes de la diffusion (appui à une large diffusion d'un modèle existant, déjà validé sur d'autres zones par exemple).

Les étapes de diffusion de cuiseurs économes et/ou multifonctions adaptés au combustible ciblé pour la cuisson domestique, après l'établissement du cahier des charges, et de la connaissance des facteurs déclenchant l'acquisition passent par une phase de validation ou d'adaptation du nouvel équipement.

Cela consiste en un travail de conception, de réalisation de prototypes en laboratoire, d'optimisation des paramètres internes.

Les premiers modèles sont ensuite testés sur le site pilote avec un choix judicieux, quand cela est possible, de cette zone : facile d'accès, relais local efficace (animation, suivi), population motivée pour participer à ce travail de validation d'équipements, identification claire du combustible de cuisson (ressource locale gérée de manière durable).

Après diverses modifications si besoin, le nouvel équipement est validé en terme de meilleure réponse aux besoins des utilisatrices. Reste à le finaliser en terme de faisabilité de production à bas coût et de

capacité d'acquisition par les ménages (ces éléments doivent bien sûr être intégrés dans le cahier des charges initial de l'équipement).

Il doit être produit si possible dans une zone proche voire sur site. Le coût est défini pour garantir une marge commerciale au producteur, au futur distributeur et rester attractif. Cette étape est primordiale, pour garantir une large diffusion, il faut que chaque acteur de la filière y trouve son intérêt économique (producteur, grossiste, détaillant).

Les moyens pour faciliter la première diffusion sont multiples ; souvent issus des techniques de commercialisation classiques : promotion initiale, garantie de qualité, satisfait ou remboursé, accès à un crédit d'acquisition, intégration de l'acquisition du cuiseur au travail de plantations énergétiques, etc.

Si cette étape a été un succès, on dispose alors d'un outil de démonstration convaincant pour les autres zones rurales. Néanmoins reste à valider la stratégie de large diffusion (intéresser les distributeurs aux zones moins faciles d'accès, élaboration contrôlée du coût en fonction de la distance, décentralisation de la production si nécessaire, etc.).

Résumé des étapes à suivre :

- diagnostic (enquêtes, méthodes participatives, description journée type, niveaux de consommation, potentiel de biomasse environnante).
- cahier des charges de l'équipement de cuisson, choix d'un mode de gestion local des ressources en biomasse pour l'énergie de cuisson.
- mise en place du modèle de gestion durable de la biomasse (5-10 ans mini pour appréhender les premiers résultats).
- travail d'adaptation, de conception, d'optimisation interactif avec la population locale.
- pré - diffusion, première évaluation.
- définition de stratégie de large diffusion, filière de distribution.
- appui à une large diffusion, promotion grand public, appui aux producteurs/distributeurs/détaillants.

Une subvention forte est concevable en phase de validation de prototype ; elle est à bannir en phase de prédiffusion qui plus est de large diffusion pour garantir une réelle pérennité de la diffusion des équipements. Trop de diffusions ont été stoppées dès la fin d'un projet qui supportait certains coûts de construction ou de distribution.

Le succès est entier lorsque la large diffusion se poursuit sans investissement, les acteurs de la filière de production-distribution et les institutions prenant le relais (promotion, législation, standardisation de l'équipement).

Les tests de performance

On doit avertir le lecteur sur ce point sachant que beaucoup d'erreurs ont été commises avec l'utilisation des tests internationaux établis dans les années 80.

Trois tests avaient été définis pour caractériser les performances des cuiseurs :

- le Test d'Ébullition de l'Eau (T.E.E.), pour définir en laboratoire le rendement, le temps d'ébullition, en simulant une cuisson par évaporation de l'eau.
- Un test de cuisson contrôlée qui est une autre variante de test de laboratoire qui se veut plus proche de la réalité d'utilisation.
- Un test de performance en situation réelle nécessitant le suivi d'un grand nombre de familles pour approcher un niveau de précision satisfaisant fournissant la consommation de bois par personne ou équivalent adulte par jour.

Le seul test incontestable pour valider les réductions réelles de consommation est le test de terrain, mais comme défini ci-dessus il est rarement appliqué (compliqué, coûteux en moyens humains et financiers, hors de portée des structures de développement locale). Donc, on a eu souvent recours au T.E.E. pour déterminer les potentialités de réduction de consommation en biomasse. Ainsi, on a pu par exemple voir la promotion de foyers métalliques mal conçus au Maroc consommant sur le terrain plus de bois qu'un foyer trois pierres traditionnel («kanoun», «takate»). Pour justifier ce choix, le T.E.E avait été interprété seulement en phase haute puissance (montée rapide à ébullition), très éloigné du mode de cuisson lente local.

Pour éviter ce genre de désagréments, il est proposé au lecteur deux protocoles de test sur le lien Internet fourni en bibliographie, et validés dans de nombreux contextes. Ils reposent sur une méthodologie de comparaison, en limitant les facteurs de variation (type de combustible, type de cuisson, type de marmites, etc.). Le test comparatif de terrain proposé a d'ailleurs été approuvé pour quantifier les émissions de gaz à effet de serre non émises entre le modèle traditionnel et le foyer économe par un bureau accrédité dans l'évaluation des projets de Mécanisme de Développement Propre (voir fiche n°1).

Kits/autodiffusion/équipement entier

En milieu rural, il est souvent privilégié des approches par autoconstruction pour réduire très sensiblement les coûts.

Pourtant, ces approches présentent de nombreux points de faiblesse :

- qualité très aléatoire des cuiseurs installés
- nécessité de moyens humains d'encadrement/formation importants
- qualité des matériaux variables suivant les zones
- dépendance forte de la structure d'encadrement

On privilégiera plutôt une standardisation des cuiseurs, équipement entier ou en partie (chambre de combustion/développement des flammes). Le futur acquéreur n'aura plus qu'à positionner l'insert en terre cuite par exemple dans un mélange terre paille maîtrisé localement (foyer « mandaleo » en Tanzanie par exemple).

Approches innovantes

Le marché du carbone (Mécanisme de Développement Propre)

On cite ici ce nouveau mécanisme financier car certains programmes de diffusion de foyers améliorés se sont positionnés avec succès.

Ainsi, le programme bois de feu du GERES au Cambodge a généré 150 000 tonnes de crédit carbone en 2007 sur les réductions engendrées par la large diffusion de foyers céramiques (économies de 22% validées sur le terrain).

A minima, si on définit une économie potentielle de 20% avec une technologie simple type insert céramique par rapport au foyer « trois pierres », c'est environ l'émission de 750 kg de CO₂ qui peut être justifiée par unité familiale sur le marché de carbone.

C'est donc une économie de 72 millions de tonnes de gaz à effet de serre qui pourraient être ainsi non émis. Soit au prix de vente actuel, au moins 300 millions d'euros sur le marché volontaire à fort impact social.

Se réapproprier l'évolution technologique en combustion bois

La méconnaissance de la technologie bois de feu avec une image d'énergie de second choix par les décideurs (bailleurs, développeurs, etc.), a souvent conduit à favoriser les énergies fossiles notamment le butane. Nous avons vu plus haut que cela ne se justifie plus de par le coût croissant des énergies fossiles et de la validation de nouvelles gammes d'équipements (haut rendement possible, qualité de combustion proche du butane, coût abordable de tels équipements).

Ce sont donc des équipements multifonctions, capables de brûler efficacement un déchet combustible local non valorisé, de stériliser l'eau à boire, voire de produire du charbon de bois (technologie T-LUD). Ce charbon de bois hors usage domestique peut servir à améliorer la fertilité des sols (terra preta, savoir-faire ancestral), réduire la consommation des briqueteries artisanales (ajout dans la masse argileuse).

L'équipement de cuisson devient alors une composante forte d'un mode de gestion durable de la production de biomasse du village, pour commercialiser vers

les villes l'excédent ainsi obtenu. Le temps ainsi gagné, l'amélioration des conditions sanitaires, l'enrichissement des sols, la création de nouveaux revenus durables repositionnent fortement pour les prochaines années la biomasse-énergie et la cuisson au cœur du développement rural en Afrique.



Références Bibliographiques

Nous proposons au lecteur de trouver des informations complémentaires vers des Liens Internet dédiés.

Il peut ainsi, où qu'il soit dans le monde, rapidement acquérir les informations nécessaires pour planifier son travail futur ou s'informer sur la problématique de cuisson en milieu rural.

- Site RIAED - Réseau International d'accès à l'Énergie Durable : <http://www.riaed.net>

Le lecteur peut y trouver :

- Un modèle de fiche enquête de diagnostic socio-énergétique,
- un modèle de journée type,
- test comparatif en labo et sur le terrain,
- présentation des technologies de cuiseurs,
- rapports d'étude sur la cuisson domestique et artisanale,
- des liens spécifiques (marché du carbone, agroforesterie, expériences, etc.),
- des liens vers des réseaux d'information.

- Site de YIL Agence, dédié à la veille technologique internationale sur l'énergie et les énergies renouvelables : <http://www.planetenergie.org>

Auteur

Jean-François ROZIS - consultant indépendant,
expert bois-énergie, transfert de technologie
vers les Pays du Sud
France - courriel : rozisjf@club-internet.fr



Édition : YIL Agence - Mars 2009
7 bis, rue Decrès, 75014 - Paris.
Tél : 01 45 45 17 49 - Fax : 01 45 45 19 34
<http://www.yilagence.org>
Courriel : yilagence@planetenergie.org
ISBN : 978-2-918222-02-6
Dépôt légal : Mars 2009

ÉNERGIES DURABLES ET DÉVELOPPEMENT EN MILIEU RURAL EN AFRIQUE.

DOSSIER PÉDAGOGIQUE

FICHE N° 1.

- L'ÉNERGIE ET LE DÉVELOPPEMENT

FICHE N° 2.

- LES CHOIX ÉNERGÉTIQUES EN MILIEU RURAL, L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET LA PLACE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

FICHE N° 3.

- LA CUISSON DES ALIMENTS

FICHE N° 4.

- L'APPROVISIONNEMENT EN EAU

FICHE N° 5.

- L'ACCÈS À L'ÉLECTRICITÉ ET SES APPLICATIONS DOMESTIQUES

FICHE N° 6.

- L'HABITAT : MATÉRIAUX ET CONFORT DE VIE

FICHE N° 7.

- L'ÉNERGIE DANS LES STRUCTURES DE SANTÉ

FICHE N° 8.

- LES TÉLÉCOMMUNICATIONS

FICHE N° 9.

- L'ACCÈS À L'ÉNERGIE ET SES UTILISATIONS DANS L'AGRICULTURE

FICHE N° 10.

- L'ÉNERGIE ET LES TRANSFORMATIONS ALIMENTAIRES



FICHE N° 4

L'APPROVISIONNEMENT EN EAU

Auteur
Béatrice SERROR

L'accès à l'eau est essentiel tant du point de vue économique que social. Les conditions environnementales, l'augmentation des besoins, le caractère de plus en plus rare d'une ressource en qualité et quantité suffisantes rendent nécessaires son pompage.

Les différents équipements de pompage ont chacun leur domaine d'utilisation et de rentabilité. Leur fonctionnement et leur remplacement imposant certaines contraintes financières et techniques, il est nécessaire de choisir le système le mieux adapté aux besoins des usagers et aux conditions spécifiques d'utilisation pour garantir la durabilité de l'accès à l'eau.

Nous vous proposons un guide en 5 questions pour vous aider à mieux cerner les besoins et les conditions d'exploitation et d'utilisation, mieux connaître les caractéristiques des différents systèmes, leurs atouts et leurs limites, et ainsi mieux identifier celui qui peut répondre à vos besoins.

Dans un second temps, les principaux systèmes de pompage existants sont présentés plus en détail.

Ces informations restent néanmoins générales. Elles ne sont pas « absolues » et doivent être affinées, au cas par cas, en fonction des spécificités du contexte, des conditions environnementales et socio-économiques, des acteurs, des conditions d'exploitation.

4

SOMMAIRE

- Comment choisir un dispositif d'approvisionnement en eau? **P.2**
- Les systèmes de pompage **P.8**
- Références bibliographiques **P.15**



Comment choisir un dispositif d'approvisionnement en eau ?

Question 1 : L'eau, pour quel usage ?

- L'usage détermine l'analyse des besoins, des sources d'approvisionnement et les choix techniques.

Trois principaux usages doivent être distingués : la consommation humaine, le maraîchage, l'élevage.

Pour chacun, les besoins en eau diffèrent en quantité et en qualité. Or les besoins déterminent les sources d'approvisionnement, les solutions techniques et leur dimensionnement qui doit être adapté pour éviter des sur-coûts difficiles voire impossibles à couvrir.

Le prix de l'eau, calculé à partir du rapport entre les frais d'exploitation (et de renouvellement) et le volume d'eau pompé, diffère en fonction de l'usage et de la quantité d'eau utilisée d'une part, des solutions techniques adoptées et des coûts d'exploitation et de renouvellement qu'elles imposent d'autre part.

Pour garantir l'ancrage, l'utilité sociale et la viabilité

de l'action, l'analyse du caractère acceptable de ce prix pour les usagers est fondamentale et doit être prise en compte dans les prises de décision. En effet, selon l'usage qui est fait de l'eau et des capacités économiques des usagers, le prix acceptable varie. Il est donc essentiel d'analyser dès le début et avant toute décision d'investissement, les conditions socio-économiques locales, les capacités financières des usagers et leurs stratégies de gestion de leur budget.

Exemple : Un prix élevé de l'eau destinée à la consommation humaine peut entraîner des baisses de consommation. En effet, vu leurs capacités de paiement, les usagers font des arbitrages entre les points d'eau (ceux qu'ils utilisent déjà et les nouveaux), et peuvent ainsi être amenés à délaisser les nouvelles sources d'approvisionnement.

Un prix de l'eau élevé peut également compromettre la rentabilité des activités économiques, en particulier du maraîchage et de l'élevage.

A noter :

- L'acceptation et l'attitude des membres de la communauté envers le caractère particulier ou communautaire de l'approvisionnement en eau dépend largement des modes d'organisation sociale et du degré de cohésion communautaire. Ils doivent être analysés avec attention avant toute décision.
- Une approche par la demande, qui confie aux communautés un rôle décisionnel important, notamment dans les choix techniques au regard des contraintes que chacun pose, offre une plus grande pérennité des systèmes. Cette approche exige que soient mis à disposition des communautés l'ensemble des informations nécessaires à la prise de décision (contraintes en terme de maintenance, implications financières, etc.). Elle est d'autant plus efficace quand elle prend en compte la demande exprimée par les usagers (et non par leurs représentants dont la perception des besoins peut-être différente), et qu'elle gomme les différences liées aux capacités financières de chacun.

2]

Question 2 : Quelle quantité journalière d'eau pour couvrir les besoins ?

- Sans une analyse des besoins sous l'angle de la solvabilité des usagers et de la rentabilité économique des infrastructures, pour que les charges de fonctionnement et d'amortissement soient couvertes, inutile d'investir !

Il y a les « besoins », qui sont toujours immenses, et les « besoins solvables », pour lesquels une pérennité financière du système existe. Nous présentons ci-dessous des éléments pour estimer les quantités d'eau nécessaires quotidiennement. Gardez cependant en tête la question de la solvabilité !

L'usage attendu de l'eau détermine la quantité nécessaire. L'unité de calcul est la journée.

• Consommation humaine

L'OMS fixe les besoins domestiques de base à 20 litres par personne et par jour. En Europe, la consommation domestique est de 120 l/personne/jour. Dans les pays en développement, elle varie selon l'habitat : en ville, elle est supérieure à 20 l/personne/jour, tandis que dans certains villages, elle peut être inférieure à 10 litres.

Un critère important est la distance à l'eau. Dès qu'il faut la transporter, la consommation se réduit : quand la distance est supérieure à 100 mètres, la consommation devient inférieure aux normes, tandis que les branchements individuels permettent de les dépasser.

L'eau destinée à la consommation humaine doit être de qualité. L'intérêt du pompage est de pouvoir fournir une eau exempte de germes.

Des méthodes d'épuration existent comme la filtration lente qui consiste à faire passer l'eau à travers un lit de sable à une vitesse de 0,1 à 0,2 m/h. Le nombre de micro-organismes (bactéries, virus, kystes) diminue et les matières en suspension et colloïdales sont éliminées. Cependant, cette technique est insuffisante pour les eaux contenant une quantité élevée de matières solides en suspension (plus de 30 Unités Néphélométriques de Turbidité).

Par ailleurs, l'eau peut se polluer au contact de seaux, de canaris, durant le temps de stockage par exemple. La chloration permet de conserver à l'eau sa pureté bactériologique jusqu'à la consommation. Si elle est peu coûteuse (1 à 2 euros¹/personne/an), et peut se faire manuellement (6 à 7 litres d'eau de Javel pour un réservoir de 50 m³, une vingtaine de litres pour 150 m³ avec un délai d'attente d'au moins 1 heure), elle demande un bon système de gestion et suppose l'existence d'une filière d'approvisionnement en produits « chlorateurs ». Attention : le goût du chlore est souvent mal accepté par les usagers qui risquent alors de ne plus boire cette eau !

• Consommation animale

Les besoins diffèrent d'une zone géographique à l'autre et d'une saison à l'autre.

	SAISON HUMIDE - SAISON FROIDE	SAISON SÈCHE	SAISON SÈCHE - CHAUDE
Zébus	10 - 20 l/j	15 - 40 l/j	50 l/j
Moutons, chèvres	1-2 l/j	4 l/j	5 l/j

Au Sahel, l'abreuvement des animaux représente un besoin d'eau très important. Un troupeau de 100 têtes peut demander jusqu'à 4 000 litres d'eau par jour. Le point d'eau doit fournir ces quantités en un temps limité, une heure par exemple.

Dans les sites d'hydraulique pastorale où le nombre d'animaux est important, la réalisation de grandes citernes de stockage de plusieurs dizaines de mètres-cube, suffisamment éloignées des points d'eau pour ne pas polluer la ressource utilisée à la consommation humaine, est une nécessité.

• Irrigation

Elle demande des quantités d'eau importantes qui sont évaluées en hauteur d'eau exprimée en millimètres par jour : $1 \text{ mm/mm}^2 = 1 \text{ l/m}^2 = 10 \text{ m}^3/\text{hectare}$.

Pour passer du besoin en eau à la parcelle au besoin en eau pompée, il faut tenir compte de l'efficacité du système d'irrigation et donc des pertes lors de la distribution (en général entre 60 et 70%).

Ainsi, si le besoin théorique est de 9 mm/j, il faudra considérer une quantité à pomper de 13 mm/j, soit un volume de 130m³/jour pour un hectare de culture.

Il faut aussi considérer le débit de pointe, en tant que besoin maximum de l'exploitation au cours du calendrier agricole, en général au cours de la saison chaude, lorsque le besoin des plantes est le plus grand. Le système de pompage doit être dimensionné sur ce débit de pointe.

[3

¹ > Taux de change : 1€ = 657 FCFA

Voici quelques ordres de grandeur enregistrés en Afrique sahélienne :

	BESOINS MOYENS	BESOINS DE POINTE
Riz	9 l/m ² /j	15 l/m ² /j
Maïs	5 l/m ² /j	10 l/m ² /j
Maraîchage	6 à 9 l/m ² /j	10 l/m ² /j

Le besoin en eau étant proportionnel aux surfaces à irriguer, la capacité d'extension des surfaces, qui détermine le dimensionnement des installations, doit être estimée.

Elle est souvent limitée, en général par :

- **la propriété foncière** : un village ou un exploitant ne peut agrandir son périmètre car les terres voisines ne lui appartiennent pas. Avant de dimensionner un système de pompage, il est nécessaire de s'assurer que le terrain à irriguer est effectivement disponible.
- **la disponibilité en main-d'œuvre** : irriguer demande, pour du maraîchage privé, 6 à 8 personnes par hectare. De ce fait, la main-d'œuvre est souvent un facteur qui limite la taille des parcelles irriguées.

L'irrigation localisée est une technique en plein essor. Basée sur le goutte à goutte, elle se caractérise par un apport d'eau au niveau des racines qui doivent rester continuellement humectées.

Si ce système permet une économie notable d'eau (jusqu'à 70%), son usage exige une certaine maîtrise technique, surtout que les problèmes de colmatage et de bouchage des distributeurs sont fréquents : ainsi, au Maroc, 80% des exploitations micro-irriguées en souffrent.

Question 3 : Quelle est la source d'approvisionnement et ses caractéristiques ?

- La qualité et la quantité d'eau déterminent le choix de la source et du système de pompage.

La source peut être :

- de surface, ce qui implique la réalisation de barrage et/ ou le captage de l'eau
- souterraine, ce qui suppose la réalisation de puits, de forages ou de puits forages.

L'usage détermine le choix de la source d'approvisionnement :

Consommation humaine :	L'eau doit être exempte de pollution bactériologique et chimique. Le système de pompage doit garantir la non-contamination du puits : pas d'introduction d'objets, pas de ruissellement depuis la surface.	•> Les eaux souterraines sont les plus appropriées. Les sites qui en sont dépourvus doivent opter pour les eaux de surface en mettant en œuvre un traitement de l'eau, ce qui suppose un système de gestion efficace.
Élevage et irrigation :	Moins exigeants en terme de qualité, sur le plan bactériologique mais attention aux pollutions chimiques ! Attention, les eaux chargées (boues, sable) endommagent les pompes.	•> Les eaux de surface (barrage, captage de l'eau d'une rivière, d'un lac) conviennent à ces usages. Attention aux solutions techniques coûteuses qui génèrent des coûts trop élevés pour la rentabilité de l'activité.

- **Il faut impérativement adapter le pompage au débit de la source d’approvisionnement.**

Le débit du point d’eau doit être connu, d’abord parce qu’il doit être en capacité de couvrir les besoins, ensuite parce que pomper plus que le débit l’assèche et peut dégrader le matériel.

Dans le cas d’un lac ou d’un fleuve, les variations de niveau selon les saisons peuvent poser des difficultés auxquelles l’utilisation d’un radeau flottant permet de répondre.

Concernant les eaux souterraines, la capacité de renouvellement de la nappe phréatique doit être prise en compte.

Exemple 1 : Pour équiper un forage d’une pompe mécanisée, il faut d’abord examiner le débit du forage mesuré par des essais lors de sa réalisation. Un bon débit (supérieur à 2 m³/h) permet de l’équiper en pompe motorisée, un débit faible en pompe manuelle. A moins de 500 litres/h, le forage est abandonné.

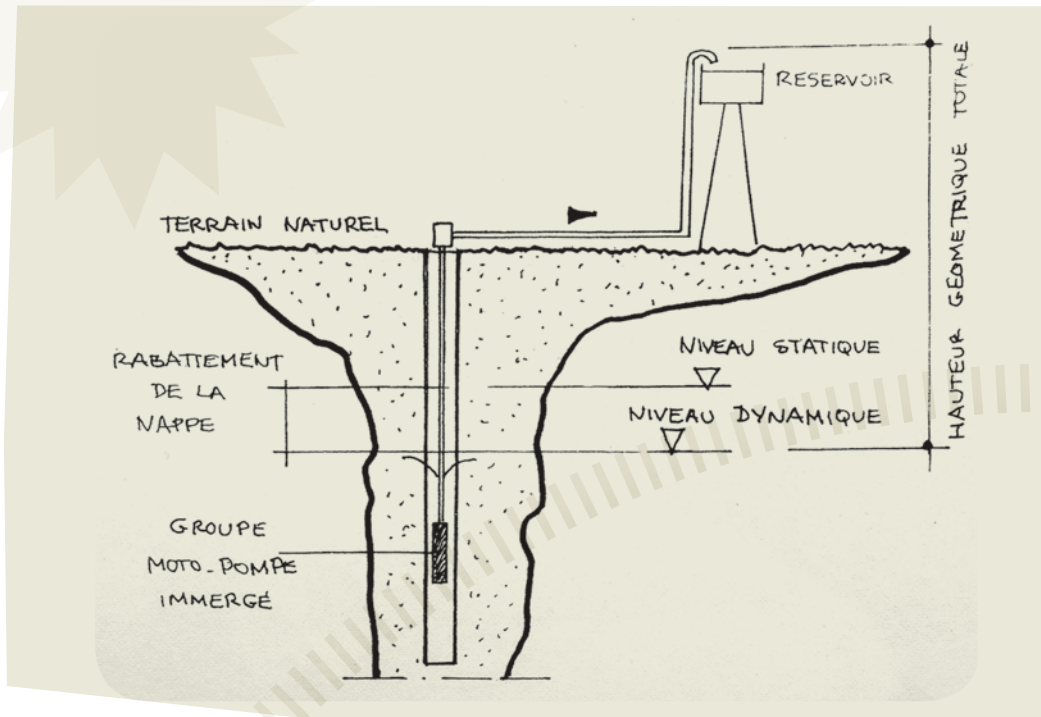
Exemple 2 : Dans le Sud-Ouest mauritanien, près de la mer, la nappe phréatique est fragile. Une lame d’eau douce recouvre une nappe salée. Les éoliennes de pompage dont le débit n’excède pas 1 m³/h permettent de capter cette eau douce superficielle. Un pompage motorisé, avec des débits de 10 m³/h et plus, dépasserait le débit de la nappe douce et ferait venir l’eau salée en surface.

- **Plus la profondeur de la source est importante, plus l’eau est chère.**

La profondeur de la source d’eau est déterminante. Plus elle est importante, plus l’exploitation est difficile et coûteuse : les investissements sont plus élevés, les pannes plus nombreuses, le coût de fonctionnement plus important. La profondeur conditionne aussi la quantité d’énergie nécessaire pour pomper l’eau :

QUAND LA PROFONDEUR AUGMENTE :	
Si l’énergie est limitée : par exemple le pompage manuel ou par énergies renouvelables (solaire, éolien)	•> Le débit diminue. Un homme pompe en une heure 1 m ³ d’eau quand elle se trouve à 10 m de profondeur, 500 litres quand elle est à 20 m.
Si l’énergie est illimitée : par exemple des motopompes ou des pompes électriques	•> Il faut plus de carburant pour maintenir le débit.

La profondeur de l'eau est définie par la «Hauteur Manométrique Totale » (HMT), qui est la différence d'altitude entre la source d'eau et la sortie (Hauteur Géométrique) augmentée des pertes par frottements (évaluées à 10 % de la Hauteur Géométrique), comme indiqué dans le schéma ci-contre.



Si son utilisation précise demande des avis spécialisés, cet indice fournit des éléments d'appréciation grossiers mais intéressants. Attention néanmoins, à ne pas oublier que le niveau d'un puits ou d'un forage baisse sous l'effet du pompage ce qui augmente alors la profondeur de pompage.

Aucune pompe ne peut aspirer de l'eau située à plus de 7 mètres de profondeur de HMT. Par contre, il est possible de refouler à de grandes hauteurs. Au-delà de 7 mètres, il faut donc rapprocher la pompe de l'eau, soit en la descendant dans le puits, soit en creusant à côté du puits un contre-puits pour la placer.

6]

Enfin, les systèmes de pompage sont dimensionnés pour une plage de profondeur donnée : elle détermine la taille du générateur ou du moteur. Les pompes sont dessinées en fonction d'elle. Changer de profondeur demande en général de changer de pompe.

- **Ordre de grandeur**

MOYENS D'EXHAURE	DOMAINE DE PROFONDEUR	DÉBITS MOYENS
L'homme	0 - 40 m	0 - 10 m ³ /j
Le soleil	0 - 60 m	0 - 50 m ³ /j
Le vent	0 - 40 m	0 - 50 m ³ /j
Les animaux	0 - 60 m	0 - 50 m ³ /j
Les petites motopompes	0 - 20 m	0 - 200 m ³ /j
Les grosses motopompes	0 - 20 m	0 - 3000 m ³ /j
Les pompes électriques	0 - 80 m	0 - 500 m ³ /j

Question 4 : Quelle est ma capacité d'investissement ?

- Elle doit être prise en compte aussi bien pour les investissements de départ que pour les coûts de renouvellement ultérieurs. L'estimer justement conduit au succès, la surestimer à l'échec !

La capacité d'investissement est un facteur déterminant. Elle doit être analysée avec attention, surtout que le système de pompage ne constitue qu'une part des coûts d'investissements (réalisation de l'infrastructure, aménagement extérieur, etc.). Ainsi, en hydraulique villageoise, il faut notamment ajouter le réservoir de stockage, le réseau de distribution, les (ou la) bornes fontaines. En irrigation, il y a la préparation du terrain (nivellement, canaux), la clôture, la trésorerie initiale (pour payer le carburant durant la première campagne).



Photo : Béatrice SERROR

Pour financer ces investissements, deux principales possibilités se présentent :

- Le recours aux systèmes de crédit. Mais, outre la nécessité de mettre en place une gestion rigoureuse pour garantir le remboursement de la dette, les systèmes de crédit ne prévoient pas de longues durées de remboursement, ce qui limite les choix techniques, à moins de disposer d'une trésorerie importante

Exemple : Les équipements « Energies Nouvelles et Renouvelables » (ENR) sont chers à l'acquisition. Leur fonctionnement très bon marché les rend toutefois concurrentiels sur de longues périodes, supérieures à 10 ans. Les systèmes de crédit ne fonctionnent en général pas sur de telles durées.

- Le financement des bailleurs de fonds internationaux. La règle veut toutefois que les bénéficiaires apportent une contribution significative (de l'ordre de 25 %) qui a pour objet de vérifier leur motivation.

Question 5 : Quelle sera la viabilité du dispositif ?

- Le caractère durable de l'accès à l'eau se construit dès l'amont.

En plus de l'investissement initial, la question du fonctionnement et du remplacement à terme des équipements se pose. Qui va payer les coûts d'exploitation et les réparations ? Comment sera renouvelé l'investissement ? Comment mobiliser les fonds, compte tenu que les dispositifs d'amortissement ou d'emprunt à long terme sont difficiles à mettre en place et à gérer ?

Ces questions renvoient directement à celle de l'organisation à mettre en place : Qui gèrera le dispositif d'approvisionnement en eau et les activités qui en découlent ?

Ces questions doivent être envisagées avant le choix d'une technologie et le dimensionnement du système, et doivent être débattues par les intéressés.

- Le choix de l'équipement conditionne celui des

modes d'organisation pour son fonctionnement et son renouvellement.

Sur le plan économique, chaque système de pompage a des coûts de fonctionnement, de maintenance et de renouvellement : ce sont les dépenses.

Les recettes proviennent en général de la vente de l'eau et sont donc étroitement liées à ce que les usagers sont prêts à payer pour y avoir accès (en fonction notamment de l'usage, des sources alternatives, de leur niveau de revenus, de leur mode de vie, etc.).

Les choix devront se baser sur des estimations financières réalistes. Un compte d'exploitation prévisionnel sera établi.

Exemple 1 : Dans un village doté de nombreux puits, peu de gens acceptent de payer l'eau. Il faut se poser les questions des modes et coûts de distribution de l'eau, de la tarification, des catégories sociales qui supporteront ces coûts.

Exemple 2 : En irrigation, il faut se poser la question des débouchés de la production : séparer

l'autoconsommation de la vente, examiner où se trouvent les marchés, comment fluctuent les prix, quelles sont les cultures qui se vendent bien, quelles sont les charges induites (transport, etc.). Le revenu attendu peut être calculé et la rentabilité de l'investissement analysé.

A noter :

- Il est utile de regarder ce qui se passe dans d'autres cas similaires de la région : comment procèdent les autres ? quels sont leurs problèmes et les facteurs de blocage ? comment les dépassent-ils ?

Sous l'angle technique, plus le système de pompage et de distribution est sophistiqué, plus est élevé le niveau de compétences requis pour son fonctionnement et sa maintenance (utilisation, entretien, réparation).

Tout ce que l'utilisateur fera lui-même réduira les coûts de fonctionnement, mais l'intervention de professionnels est également nécessaire. Il convient donc de vérifier que des réparateurs compétents existent, qu'ils peuvent intervenir rapidement et efficacement, et qu'ils disposeront de pièces de rechange.

Une technologie nouvelle ne doit pas être introduite sans cette garantie, tandis que le choix se portera avantageusement sur les équipements déjà connus et existants dans la zone, dont la technologie est maîtrisée et qui utilisent des matériaux disponibles localement.

A noter :

- Pour augmenter les chances de réussite d'un investissement communautaire, le ou les prestataires qui assureront le service et l'entretien

des infrastructures doivent être sélectionnés par les communautés, qui doivent également accepter au départ les modalités et le calendrier de leurs prestations.

Sous l'angle de la gestion, si un investissement individuel est sous la seule responsabilité de l'investisseur, il est essentiel pour les investissements communautaires qu'un organisme responsable de la gestion soit désigné par les usagers. Il en va de sa légitimité, de la confiance et de la transparence.

La formation est par ailleurs essentielle, pour l'organisme de gestion comme pour la communauté qui acquiert ainsi une connaissance de ce qu'elle peut attendre du système d'approvisionnement en eau, comment l'utiliser au mieux, comment l'exploiter et l'entretenir, comment réparer les pannes mineures, comment prévoir son renouvellement, comment garantir sa pérennité.

A noter :

- Avec la décentralisation, les communes sont désormais maîtres d'ouvrage du service Eau. A ce titre, et parce qu'elles sont responsables de l'exploitation et de la gestion des infrastructures, même si elles les délèguent, elles doivent être motrices et jouer un rôle central tout au long du processus.
- Le choix de la technologie doit répondre aux caractéristiques et modes de structuration sociales. Ainsi, si les systèmes communautaires sont souvent plus économiques et faciles à gérer que les systèmes individuels, ils exigent une organisation collective que les usagers ne sont pas toujours prêts à adopter, ce qui risque alors d'agir sur la pérennité du dispositif et de l'accès à l'eau.

8]



Les systèmes de pompage

Chacun correspond à des usages et conditions d'utilisation particuliers, et présente des caractéristiques spécifiques qu'il faut prendre en compte dans vos choix technologiques. En particulier, le débit du système de pompage (capacité d'exhaure de la pompe en un temps donné), doit être adapté à celui de la source d'approvisionnement et suffisant au regard des besoins. Les coûts doivent être estimés de manière réaliste, comme les recettes et donc la capacité financière mobilisable des usagers. Voici en fonction des usages, une présentation des types de pompes les mieux adaptées :

USAGE	SYSTÈMES	ÉLÉMENTS D'APPRÉCIATION
Hydraulique villageoise	Pompe manuelle Jusqu'à 60 m de profondeur	<p>Atouts : faible coût (mais supérieur au système traditionnel « corde + puisette »), matériels robustes et éprouvés : simplicité de réparation et de gestion, protection de l'eau contre les pollutions et hygiène.</p> <p>Inconvénients : empêche le pompage à plusieurs et génère des files d'attente</p> <p>Remarques : choisir une pompe spécialement conçue pour cet usage. S'inscrire impérativement dans le cadre d'un réseau de maintenance déjà existant. Choisir les pompes parmi les grandes marques connues (Vergnet, Kardia, India, UPM, etc.).</p>
	Pompes solaires 10 à 60 m	<p>Convient pour les besoins domestiques (capacité inférieure à 1 400 Wc). Un bassin réservoir est nécessaire.</p>
	Pompes éoliennes 10 à 80 m	<p>Atouts : coût bas, utilisation d'une énergie non importée et soutien aux entreprises locales.</p> <p>Inconvénients : rentable que dans les sites où vents de 4 m/s minimum pendant 6 à 8 h / j (en Afrique de l'Ouest : le littoral atlantique au nord de Dakar et le Sahel) ; variabilité du vent -> prévoir alternatives ponctuelles et/ou bassin réservoir.</p>
	Pompes électriques	<p>Adapté aux petits centres urbains. Le coût de l'eau (décomposé en 30% de charges de fonctionnement, 30% de maintenance, 40% de renouvellement), permet en général de couvrir les dépenses de fonctionnement, mais pas de renouvellement.</p>
Elevage	Pompage manuel	<p>Systèmes traditionnels très opérationnels (exemple : puisette avec plusieurs puiseurs). Débit des pompes manuelles trop faible.</p>
	Pompes électriques	<p>Atouts : grande fiabilité, durée de vie estimée à 7 ans, fiabilité des groupes électrogènes.</p> <p>Inconvénients : la vente de l'eau couvre les coûts de fonctionnement mais pas de renouvellement (sauf si dispositif d'épargne).</p>
	Pompage par animaux	<p>Systèmes traditionnels opérationnels. Performances à prendre en compte avant de proposer une autre solution.</p>
	Pompes solaires 10 à 60 m	<p>Convient pour les besoins liés à l'abreuvement du bétail (capacité supérieure à 1 400 Wc). Un réservoir est nécessaire.</p>
Irrigation	Pompe manuelle jusqu'à 15 m	<p>Atouts : faible coût ; très économe en eau. Pour démarrer des activités, avant passage à des systèmes mécanisés quand la technique et les circuits de commercialisation seront maîtrisés.</p> <p>Inconvénients : pour de très petits jardins : entre 4 et 10 m³ pour une personne travaillant 4 h/j, soit un jardin de 4 à 10 ares.</p> <p>Remarques : pas d'augmentation significative de débit par rapport au puisage traditionnel, sauf quand pompe consacrée au transport de la source à la parcelle seul (au maraîcher de transporter ses arrosoirs), ou lorsque la profondeur est faible (moins de 3 mètres) où la pompe donne d'excellents débits (5 m³ /h). En raison de la faible rentabilité et du caractère saisonnier de l'activité, choisir des pompes peu coûteuses, fabriquées localement et donc à usage individuel (Pompe Kadiogo, Tapak etc.)</p>
	Motopompes Eaux de surface ou puits moins de 10 m)	<p>Atouts : souplesse d'utilisation; investissement limité ; coûts de fonctionnement répartis tout au long de la campagne.</p>
	Pompes électriques	<p>Inconvénients : risque financier qui croît avec la surface : le maraîcher doit bien commercialiser pour ne pas travailler à perte.</p>
		<p>Atouts : équipements fiables ; faibles coûts. Meilleure formule quand une connexion au réseau électrique est possible.</p>

CARACTÉRISTIQUES ET COÛTS

Caractéristiques

	PROFONDEUR EXPLOITABLE	DÉBIT POSSIBLE	
		HMT = 10 MÈTRES	HMT = 30 MÈTRES
Pompage manuel	Jusqu'à 60 mètres	1 m ³ / h	400 l / h
Pompage par les animaux	Jusqu'à 100 mètres	1 à 3 m ³ / h (âne)	0,5 à 1 m ³ / h (âne)
		5 à 7 m ³ / h (bœuf)	2 m ³ / h (bœuf)
Pompage photovoltaïque	Jusqu'à 100 mètres	50 m ³ / j (1 000 wc soit 20 panneaux)	20 m ³ / j (1 000 wc soit 20 panneaux)
		5 à 7 m ³ / h (2000 wc soit 40 panneaux)	40 m ³ / h (2000 wc soit 40 panneaux)
Pompage éolien		6 m ³ / j / m ² de rotor (bien venté)	
		2 m ³ / j / m ² de rotor (moyennement venté)	

Matériels et coûts

L'évaluation des coûts est à faire au cas par cas, en tenant des spécificités du contexte.

Pour les estimer, il est nécessaire de disposer d'un certain nombre de données en particulier la durée de vie et le coût d'achat du matériel, les coûts de fonctionnement et de maintenance annuels.

Attention : à ces coûts que nous considérons ici seulement sous l'angle du système de pompage, il convient d'ajouter l'ensemble des autres informations du même ordre pour l'ensemble des installations (coûts d'aménagement de la source intérieurs et extérieurs, réseau de distribution, etc.).

Les éléments présentés ici sont indicatifs. Ils ne prennent pas en compte l'ensemble des systèmes de pompage existant et leurs caractéristiques techniques ; ils ne prennent pas non plus en compte les charges d'amortissement dédiées au renouvellement du matériel. Or elles peuvent être prépondérantes.

C'est notamment le cas pour les pompes solaires, dont les principales charges sont constituées de l'amortissement à moyen terme (onduleur, batteries), et à long terme (panneaux) :

		INVESTISSEMENT	DURÉE DE VIE	MAINTENANCE
Pompe manuelle	Hydraulique villageoise	2 000 à 3 000 €	10 ans	150 à 200 € / an
		250 à 350 €	5 ans	70 à 100 € / an
Pompe solaire	Hydraulique villageoise	20 000 à 30 000 €	15 ans	150 à 250 € / an
		10 000 à 15 000 €	15 ans	100 à 200 € / an
Pompe éolienne	Hydraulique villageoise	7 000 à 10 000 €	15 ans	200 à 300 € / an
Petites motopompes	Maraîchage	800 à 1 500 €	5 campagnes	200 à 300 € / campagne
Grosses motopompes	Maraîchage	15 000 à 25 000 €	6 campagnes	3 000 à 4 000 € / campagne

MATÉRIEL

Nous nous attachons ici à présenter les matériels les moins connus comme les pompes à énergies renouvelables dont l'un des principaux avantages est leur faible impact environnemental, ainsi que les motopompes qui représentent encore l'une des solutions les plus adaptées pour l'irrigation.

C'est à une solution bien adaptée aux pays sahéliers à fort ensoleillement. Ces équipements de haute technologie sont très optimisés et fonctionnent de manière excellente. Les panes sont rares (tous les 2 à 3 ans). Les techniques d'installation et de maintenance sont aujourd'hui maîtrisées localement et exécutables par des entreprises locales.



Photo : Béatrice SERROR

Les pompes solaires ou photovoltaïques

À noter :

- Comme l'eau est produite uniquement lorsque le soleil brille, un bassin est à prévoir en guise de réservoir.

Il y a deux sortes de panneaux solaires : les modules au silicium amorphe et les modules cristallins, plus chers mais de meilleure qualité.

Les panneaux photovoltaïques produisent de l'électricité qui alimente directement une pompe électrique. Deux cas de figure se présentent :

- Les panneaux solaires produisent du courant continu et alimentent directement une pompe à courant continu. Ces dernières sont souvent des pompes placées sur radeau flottant, pour le captage des eaux de surface dont nous avons vu qu'il ne convient pas sans traitement à la consommation humaine. Elles nécessitent un changement des balais une fois par an.
- Une autre formule est de transformer le courant en courant alternatif, et d'alimenter des pompes standard, courantes dans le commerce. C'est la solution adoptée pour les pompes sur forages. L'onduleur électronique qui assure cette transformation est un équipement de haute technologie, cher (plus de 1 500 euros) mais d'excellent rendement (95%).

L'eau est produite lorsque le soleil brille c'est à dire de 10 à 16 heures, avec un maximum de débit au midi solaire. La puissance maxima de la pompe solaire obtenue dans les meilleures conditions d'ensoleillement est appelée puissance crête. On l'exprime en Watt crête (Wc). Cette puissance est utilisée pour définir la taille des pompes solaires. Elle n'est toutefois pratiquement jamais atteinte. La technologie permet actuellement d'obtenir une puissance électrique de 100 watts crête par m² de panneaux photovoltaïques.

Voici une formule simplifiée donnant le débit d'une pompe solaire :

$P_c = 1,7 \times Q \times H$, avec P_c : Puissance crête (Wc),
 Q : débit (m³/jour), H : hauteur totale de pompage (HMT) en mètres.

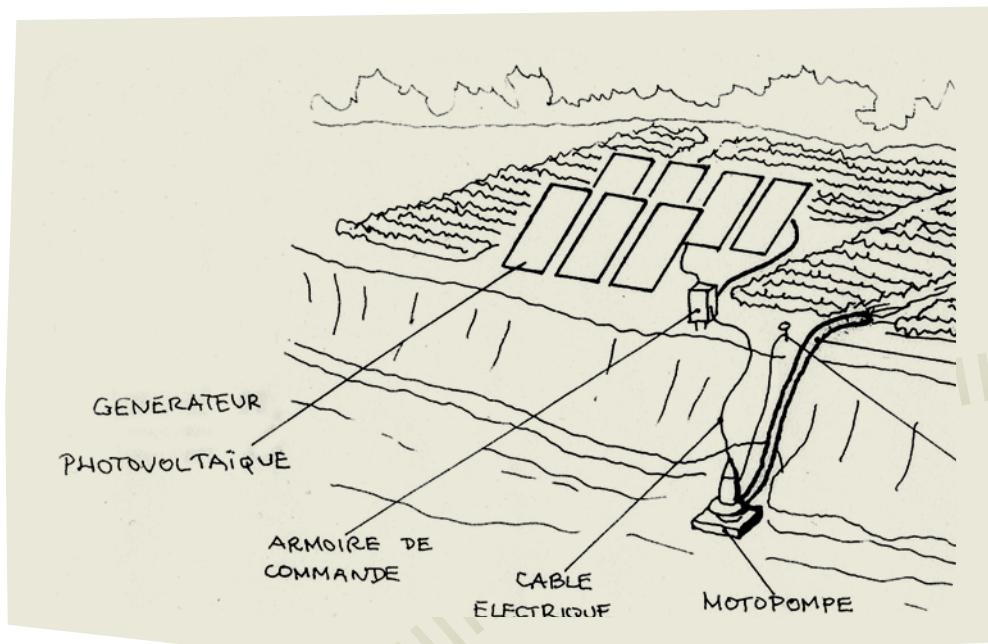
Noter que pour obtenir le débit optimal, les composants de la pompe solaire doivent être spécialement choisis pour le site considéré.

Exemple : A Niamey, pour pomper 30 /j à 20 mètres de hauteur (y compris les pertes de charge), il faut une pompe solaire de 1000 Wc, soit 20 panneaux de 50 Wc.

Le prix d'une pompe solaire reste élevé, même si le prix des panneaux a beaucoup baissé. Pour des raisons économiques, la taille de la pompe solaire restera inférieure à 6 kWc.

Enfin, les pompes solaires ne sont pas adaptées à tous les usages :

- Schéma : exemple de mauvaise adaptation de la pompe solaire / maraîchage + installation



12] Pompe de surface

Plusieurs problèmes se posent qui amènent à déconseiller cette solution :

- le manque de souplesse de la pompe solaire qui assure un débit constant toute l'année alors que les besoins sont variables selon le cycle végétatif, le type de culture ou la saison. De plus la pompe solaire aura été dimensionnée sur le débit de pointe, ce qui signifie qu'une bonne partie de l'eau pompée ne sera pas utilisée (30 à 50%). Néanmoins, le manque de flexibilité de ces pompes peut être compensé par une installation mixte avec une motopompe. Celle-ci permet d'écarter les débits de pointe et de valoriser une plus grande partie de l'eau solaire.
- la concurrence. Les petites motopompes essence ou diesel aux débits similaires sont très bon marché. Le photovoltaïque n'est pas compétitif. Des calculs de rentabilité basés sur 15 ou 20 ans de fonctionnement montrent qu'à long terme, l'écart se réduit fortement entre les deux produits. Mais qui est capable d'investir lorsque la rentabilité ne pointe qu'au bout de 15 ans de fonctionnement optimal ?

Pompe de profondeur

Elle équipe les forages de 10 à 60 mètres de profondeur. Son utilisation répond aux besoins domestiques des populations et à l'abreuvement du bétail. Comme l'eau est profonde, son coût d'extraction est élevé et il n'est pas rentable de faire de l'irrigation. Le maraîchage est souvent fait avec le surplus de l'eau après utilisation pour les besoins domestiques.

Les pompes éoliennes



Photo : Bernard GAY

éolienne de pompage en Mauritanie



Photo : Béatrice SERRON

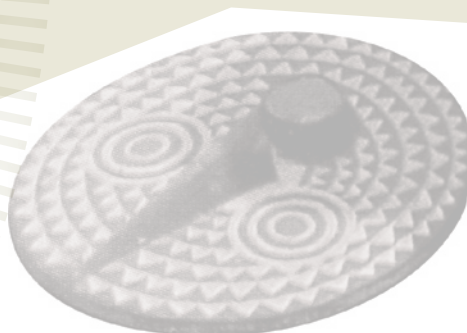
Il existe deux grands types d'éoliennes :

- les aérogénérateurs : Ils produisent du courant électrique qui est ensuite envoyé à une pompe électrique (rotor à 2 ou 3 pales type hélice). Les aérogénérateurs n'exploitent utilement que les vents supérieurs à 5 m/s ce qui limite leur aire d'expansion aux sites très ventés et donc rares.
- les éoliennes multipales : Elles sont couplées mécaniquement à une pompe à piston car leur vitesse de rotation est lente (40 à 70 t/mn), tandis que la surface réelle métallique du rotor est importante. Elles ont un faible rendement mais une technologie facile à maîtriser. Elles exploitent les vents de 3 à 8 m/s et donnent de bons résultats dans toute la bande sahélienne. Les éoliennes multipales ont de très nombreuses références, dans le monde entier. Les diamètres de roue vont de 1 à 8 mètres, les profondeurs exploitées de 10 à 80 mètres.

Le débit de pompage est lié à la taille des roues autant qu'à la force du vent. Ainsi, si sur un site donné on double le débit en doublant la surface de la roue (c'est-à-dire, en multipliant son diamètre par 1,414), sur un autre site où le vent est seulement de 25 % supérieur, le débit sera le double avec la même surface (la puissance d'une éolienne varie avec le cube de la vitesse du vent).

À noter :

- plus la taille est grande, plus la gestion et la maintenance sont difficiles pour les utilisateurs. Les éoliennes de 1 à 3 m de diamètre restent faciles à maîtriser.
- pour pallier à la variabilité du vent, un bassin stockant un à deux jours de consommation d'eau est indispensable.



Les motopompes

Une motopompe est un ensemble compact comprenant sur un même châssis un moteur et une pompe centrifuge. Elle se place près de l'eau et peut refouler à de grandes hauteurs ou fournir de fortes pressions dans les tuyaux (par exemple pour alimenter des asperseurs). Son coût d'achat est abordable pour un grand nombre de maraîchers.

Le moteur consomme de l'essence, du diesel, du pétrole lampant ou du gaz (butane ou propane).

Les moteurs deux-temps fonctionnent au « mélange » comme les moteurs de mobylette (mélange d'essence et de 4% d'huile moteur). Le mélange est 10 % plus cher que l'essence tandis que les moteurs deux-temps sont moins robustes que les autres types de moteurs.

Les moteurs à essence de petite taille (2 à 4 chevaux) sont très répandus car très pratiques d'utilisation : ils coûtent peu cher à l'achat, se transportent très facilement (parfois sur un vélo), se réparent aisément. Ils ont une durée de vie limitée.

Les moteurs diesel sont plus gros que les autres (les plus petits diesels font 3 à 4 chevaux). Ils sont d'un bon rendement et d'une grande durée de vie (6 000 à 8 000 h). Leur utilisation demande des précautions particulières (propreté du gazole) et une technicité de réparation supérieure (tarage des injecteurs).

La consommation dépend de la puissance du moteur et du travail fourni.

Exemple : Les petites motopompes, qui fournissent 15 m³ / h à 5 mètres de HMT, consomment 0,3 à 0,4 litre par heure de fonctionnement. Les moteurs diesel de 20 chevaux qui équipent des périmètres de 20 hectares consomment environ 2 litres par heure pour un débit de 300 m³ / h.

Des enquêtes ont montré que pour les petits moteurs (inférieur à 5 kW) d'autres facteurs sont prépondérants : l'utilisation du ralenti, une mauvaise adaptation de la pompe à la HMT ou un moteur en mauvais état. La consommation reste alors constante quelque soit le débit d'eau fourni.

Pour améliorer les performances d'une motopompe :

- Évitez d'utiliser de trop petits moteurs : leur rendement est généralement bas et ils se dégradent vite
- Faites tourner les moteurs à leur vitesse nominale, pour laquelle ils ont été construits, et non pas maximale. L'utilisation du ralenti conduit à de mauvais rendements.
- Placez la motopompe près de l'eau. Choisissez des pompes en fonction de votre HMT. Ne fonctionnez pas dans les plages limites de fonctionnement des pompes. Par exemple, si votre HMT est de dix mètres, choisissez une pompe qui peut fonctionner entre 5 et 20 mètres.
- N'utilisez pas de trop grandes longueurs de tuyaux (supérieures à 20 mètres). Si vous y êtes obligé, choisissez des tuyaux assez gros (supérieur à 50 mm de diamètre).
- Réduisez la longueur d'aspiration et évitez d'augmenter la hauteur de pompage en soulevant le tuyau de sortie.

14]



Références bibliographiques

- Le forage d'eau à faibles coûts en dix étapes, Série Approvisionnement en eau en milieu rural, Wsp, 2006
- L'eau : des solutions simples et économiques, NWP, 2006
- La conduite et le pilotage de l'irrigation goutte à goutte en maraîchage, H. Elattir, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, 2006
- Améliorer l'accès des plus démunis aux services d'eau et d'assainissement, recueil des bonnes pratiques en Afrique subsaharienne, Wup-Hydroconseil, 2004
- Guide méthodologique des projets d'alimentation en eau potable, République du Mali - Direction Nationale de l'Hydraulique, 2004
- Modèles techniques et critères de choix, Projet Alizés-Réhabilitation et diffusion d'éoliennes de pompage dans le nord-ouest du Sénégal, Cahier de capitalisation n°5, 2004
- Irrigation, guide pratique, CEMAGREF, 2003
- Mémento de l'irrigation, Collection Manuels Techniques, Ingénieurs Assistance Internationale - ISF, 2003
- Guide sectoriel Irrigation, programme d'analyse socio-économique selon le genre, FAO, 2002
- Adduction d'eau en milieu rural, guide des projets, Burgeap, 2000
- Le coût et la rentabilité de l'eau solaire, l'exemple du Mali, GRET, 1999
- Assurer la pérennité de l'approvisionnement en eau en milieu rural : recommandations issues d'une étude mondiale, PNUD, 1998
- La petite irrigation dans les zones arides, Principes et options, FAO, 1997

Des informations complémentaires sur les techniques à faibles coûts sont accessibles sur les sites suivants :

- le Réféa, Réseau Francophone sur l'Eau et l'Assainissement
- Pratiques, réseau d'échanges d'idées et de méthodes animé par Inter Aide
- le FNDAE, Fonds national pour le développement des adductions d'eau
- Watsanweb (en anglais).

Auteur
Béatrice SERROR
Les Bernauds, 43590 Beauzac - France



Édition : YIL Agence - Mars 2009
7 bis, rue Decrès, 75014 - Paris.
Tél : 01 45 45 17 49 - Fax : 01 45 45 19 34
<http://www.yilagence.org>
Courriel : yilagence@planetenergie.org
ISBN : 978-2-918222-03-3
Dépôt légal : Mars 2009



ÉNERGIES DURABLES ET DÉVELOPPEMENT EN MILIEU RURAL EN AFRIQUE.

DOSSIER PÉDAGOGIQUE

FICHE N° 1.

- L'ÉNERGIE ET LE DÉVELOPPEMENT

FICHE N° 2.

- LES CHOIX ÉNERGÉTIQUES EN MILIEU RURAL, L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET LA PLACE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

FICHE N° 3.

- LA CUISSON DES ALIMENTS

FICHE N° 4.

- L'APPROVISIONNEMENT EN EAU

FICHE N° 5.

- L'ACCÈS À L'ÉLECTRICITÉ ET SES APPLICATIONS DOMESTIQUES

FICHE N° 5

L'ACCÈS À L'ÉLECTRICITÉ ET SES APPLICATIONS DOMESTIQUES

FICHE N° 6.

- L'HABITAT : MATÉRIAUX ET CONFORT DE VIE

FICHE N° 7.

- L'ÉNERGIE DANS LES STRUCTURES DE SANTÉ

FICHE N° 8.

- LES TÉLÉCOMMUNICATIONS

FICHE N° 9.

- L'ACCÈS À L'ÉNERGIE ET SES UTILISATIONS DANS L'AGRICULTURE

FICHE N° 10.

- L'ÉNERGIE ET LES TRANSFORMATIONS ALIMENTAIRES



Auteurs
Eric BUCHET - Benjamin PALLIERE



Accès à l'électricité en milieu rural

L'accès à l'électricité domestique est une aspiration forte des populations des pays en développement. L'intérêt de l'électrification pour les services productifs n'est plus à prouver : moulin, poste de soudure, irrigation, etc. Mais au niveau domestique également, l'électricité apporte un service d'éclairage incomparablement meilleur que les autres solutions, et permet d'accéder aux services audiovisuels.

Actuellement, seule une faible proportion des populations rurales africaines, essentiellement celle qui réside en Afrique du Nord et dans les principaux centres urbains, dispose d'un accès à l'électricité. Deux facteurs expliquent principalement cet état : le coût de mise en place des équipements d'une part et l'absence de structure (privée ou publique), prête à mettre en place ce service d'autre part. Pourtant, cette situation s'améliore progressivement grâce à l'utilisation de solutions techniques adaptées et au soutien apporté par les États aux nouveaux acteurs de l'électrification.

LA SITUATION ACTUELLE DE L'ÉLECTRIFICATION RURALE EN AFRIQUE

L'électrification rurale

L'électrification africaine se caractérise par l'absence d'un réseau dense sur lequel pourrait se raccorder l'ensemble des populations. L'étendue du territoire, les faibles densités de populations et le niveau de développement des pays sont des facteurs expliquant cette situation. Il existe donc deux types de service. Le premier concerne les grands centres urbains, ou parfois des communes présentes le long d'axes importants : une électrification centralisée réalisée le plus souvent par l'entreprise d'électricité nationale. Le second concerne les zones dites rurales : l'électrification rurale (ER).

Historiquement, l'électrification a toujours concerné en premier lieu les centres urbains et les zones industrielles. Il s'agit en effet d'espaces où se trouvent concentrés de nombreux clients solvables, qui rentabilisent les investissements. L'électrification rurale, peu ou pas rentable, n'intervient qu'après, grâce aux aides des États, ou par la mise en place d'un système de péréquation. En Afrique subsaharienne, cette seconde phase reste peu avancée, avec pour conséquence des taux d'électrification rurale très faibles.

5

SOMMAIRE

- Accès à l'électricité en milieu rural **P.1**
- Les applications **P.6**
- Éléments méthodologiques pour l'implantation d'un service d'électricité domestique **P.10**
- Références bibliographiques et adresses utiles **P.12**

Ainsi, le continent africain a un taux d'électrification rurale variant de moins de 10 % à presque 90 %. Voici quelques exemples :

Mali : le taux d'électrification rurale au Mali est très faible. L'État Malien a choisi de mettre en place une agence d'état en charge de soutenir les initiatives, et vise un taux d'électrification rurale de 12 % en 2010.

Maroc : la généralisation de l'électrification rurale au Maroc est récente (programme lancé en 1995), et fut accomplie en peu de temps (une décennie). Elle a permis l'électrification de 1,5 millions de foyers ruraux au Maroc, portant ainsi le taux d'électrification rurale de 18% en 1995 à 88% en 2006, avec la perspective d'un taux d'électrification avoisinant les 100% en 2008.

Sénégal : Le taux d'électrification rurale était de 14,2 % en 2005. L'État du Sénégal a un ambitieux programme pluriannuel (2002-2022), d'électrification rurale : le Programme d'Actions Sénégalais d'Electrification Rurale (PASER), qui vise à porter le taux d'électrification rurale à 30% en 2015.

EXEMPLE DE STRATÉGIES NATIONALES D'ÉLECTRIFICATION RURALE

Chaque pays développe une stratégie qui lui est propre. Quelle qu'elle soit, cette stratégie interviendra sur les points suivants :

- une législation et une réglementation spécifiques (caractère d'obligation).
- un mode de soutien aux investissements (caractère incitatif).

2] Le modèle PERG au Maroc

L'expérience du Programme d'Electrification Rurale Globale (PERG), que conduit l'Office National de l'Electricité (ONE), au Maroc est à cet égard, d'un grand intérêt et offre de nombreux enseignements. Le PERG a permis, en l'espace d'une dizaine d'années, l'électrification de 1,5 millions de foyers ruraux au Maroc, portant ainsi le taux d'électrification rurale de 18% en 1995 à 88% en 2006, avec la perspective de généralisation de l'électrification rurale au Maroc en 2008.

L'ONE est la structure en charge de l'électrification au Maroc. On peut ainsi noter parmi les principales missions de l'ONE celle de planifier, intensifier et de généraliser l'extension de l'électrification rurale. C'est dans ce contexte, et après d'autres projets, que l'ONE a lancé en 1995 le PERG.

Des évolutions récentes

Les pays africains, héritant des modèles mis en place dans les années 70, ont longtemps laissé la problématique de l'électrification rurale à leurs compagnies nationales. Celles-ci étaient les seules autorisées à mettre en place et à exploiter ces services. Ayant d'abord choisi d'électrifier les zones urbaines, les zones rurales avaient été presque complètement délaissées. Les années 90 et les difficultés financières de la plupart de ces établissements n'ont guère permis la moindre évolution. Les choses évoluent depuis peu, avec la mise en place de nouvelles politiques nationales.

Depuis quelques années, des agences de l'électrification rurale ont été créées, avec dans certains cas des mécanismes de péréquation. Les États et les bailleurs de fond construisent maintenant les stratégies avec ces agences qui favorisent l'entrée de nouveaux acteurs et la mise en place des projets. Le niveau d'électrification rurale s'en ressent, avec des résultats spectaculaires dans certains pays, encourageants dans d'autres.

Le Programme d'Electrification Rurale Globale se veut global à trois niveaux :

- Globalité territoriale : ce programme vise l'électrification globale des foyers ruraux ;
- Globalité technique : les techniques sont diversifiées. Il peut s'agir de raccorder les villages au réseau national ou d'utiliser une source d'énergie décentralisée. Cette dernière peut être renouvelable (solaire, hydraulique, éolien), ou non (groupes électrogènes fonctionnant au gasoil) ;
- Globalité financière : toutes les parties concernées participent au financement de ce plan.

Le PERG est un programme dont le financement est assuré par 3 partenaires : les collectivités locales, les foyers bénéficiaires et l'ONE.

Outre le raccordement au réseau national, les principales réalisations en fin d'année 2006 peuvent être résumées comme suit :

- Les systèmes photovoltaïques : 37 489 foyers (2 540 villages);
- Système Hybride (Eolienne – Groupe Electrogène) : 2 villages électrifiés ;
- Groupes Électrogènes : 12 villages électrifiés ;
- Micro-centrales hydrauliques : Construction de deux micro-centrales.

Les réalisations actuelles en photovoltaïque sont faites principalement dans le cadre de l'approche intitulée Fee For Service (où le client paie le service). Ceci doit accélérer le rythme des réalisations, assurer un service durable, adapté et au moindre coût et enfin impliquer fortement le secteur privé.

Le cas du photovoltaïque est géré par le PERG Solaire, adaptation du concept PERG initial. L'ONE confie l'installation, le service après vente et le recouvrement des échéances auprès des bénéficiaires (clients de l'ONE), à une société privée sélectionnée par une procédure d'appel d'offres. Le matériel installé, à savoir le module, la batterie et le régulateur reste propriété de l'ONE jusqu'au règlement par le client de l'ensemble de ses échéances. Les entreprises se font rémunérer directement par leurs clients.

En plus de la fourniture et l'installation des kits photovoltaïques, les prestations couvrent la réalisation de l'installation électrique intérieure des foyers avec fourniture des lampes et accessoires ainsi qu'un service d'entretien incluant le renouvellement de tout le matériel pendant une durée de 10 ans. Cette formule de partenariat Public - Privé, qui assure aux clients une garantie de la continuité de service électrique a trouvé un écho favorable auprès de la clientèle et est en cours de généralisation.

Le modèle soutenu par la Banque Mondiale au Mali

Ce concept passe par quatre étapes principales :

- 1.** L'adaptation du cadre légal, réglementaire et fiscal pour créer les conditions de l'électrification rurale et encourager l'implication du secteur privé.
- 2.** La création d'une institution chargée de l'électrification rurale (Agence ou Bureau).
- 3.** La création d'une institution de régulation du secteur de l'électricité.
- 4.** La création d'un Fonds d'Electrification Rurale unique.

Le gouvernement Malien a adapté un certain nombre de lois pour permettre l'activité légale d'acteur du secteur privé.

Il a dévolu le rôle de planification / suivi de l'électrification rurale à l'AMADER (Agence Malienne pour le développement de l'énergie domestique et de l'électrification rurale), dont l'objectif général est d'améliorer l'accès des populations rurales défavorisées aux services énergétiques de base.

Les principaux instruments de l'AMADER sont :

- Des cadres de références pour le développement de l'électrification rurale
- Le Fonds de l'Électrification Rurale (FER), qui

permet de subventionner des investissements d'infrastructures pour le développement de l'Electrification Rurale

- Des arrêtés, fixant le régime fiscal et douanier applicable aux marchés et contrats exécutés sous la responsabilité de l'AMADER.

L'AMADER, promoteur de l'électrification rurale, agit à travers les opérateurs sur le terrain (opérateurs privés nationaux et internationaux, collectivités décentralisées, ONG, GIE, etc.), pour :

- apporter une assistance technique et financière sous forme de subvention aux acteurs de terrain à travers le Fonds d'Electrification Rurale. Le niveau de la subvention accordée aux Opérateurs est d'au plus 80% ;
- assurer la régulation du secteur de l'électrification rurale ;
- aider les opérateurs privés à obtenir les financements auprès des banques locales et autres structures en octroyant les garanties nécessaires en cas de besoins ;
- analyser les risques qu'ils encourent et leur fournir les garanties et couvertures appropriées ;
- assurer le contrôle, le suivi - évaluation des réalisations.



Photo : Eric Buchet GERES

Contrôle qualité des batteries

LES ORGANISATIONS LOCALES

Dans beaucoup de pays, l'ouverture du secteur de l'électricité a permis de voir émerger de nouveaux acteurs, privés ou associatifs, qui se sont ajoutés aux acteurs individuels déjà existant.

Les Sociétés d'électrification

Souvent appelées **Sociétés de Services Décentralisés (SSD)**, les sociétés d'électrification sont des structures privées. Acteurs récents dans l'électrification, elles jouent un rôle important en intervenant sur plusieurs localités. Suivant les cas, elles peuvent être propriétaire, des infrastructures de production, ou simple gestionnaires. Elles proposent à leurs clients de l'électricité ou bien des services utilisant cette électricité. Ces structures sont par contre fragiles, l'exercice étant peu rentable.

Leur efficacité / rentabilité tient au respect de quelques fondamentaux : paiement d'une redevance par les bénéficiaires, subvention de l'investissement initial dans les équipements, gestion de proximité, priorité

donnée aux énergies locales et renouvelables.

La création d'une SSD intervient le plus souvent en réponse à un appel d'offres dans le cadre de programmes d'électrification rurale.

Les structures collectives

Lorsqu'un groupe (un village ou un quartier), prend la décision de mettre en place un micro réseau d'électricité, il peut opter pour une structure associative (association ou ONG), ou une coopérative. La seconde formule permet de mettre en place un système d'investissement partagé entre les adhérents, tout en restant dans une démarche collective (droit de vote non proportionnel au capital investi, redistribution des bénéfices non systématique et proportionnel au travail effectué).

Les individuels

Des individus produisent parfois leur propre électricité. En Afrique, cela concerne essentiellement deux types de personnes. Soit il s'agit d'un artisan ayant besoin d'électricité pour son activité. Soit il s'agit d'une personne ayant les moyens financiers de s'offrir le même confort que des citoyens. Dans les deux cas, bien souvent, ces personnes font profiter leurs proches voisins de l'électricité disponible.

Yeelen Kura au Mali

Présentation

La société de service décentralisé (SSD) Yeelen Kura a été créée en mai 2001. Elle produit de l'électricité et commercialise des services énergétiques dans une cinquantaine de villages de la zone cotonnière du Mali, à l'est de Bamako. Les services fournis s'appuient sur l'utilisation de kits photovoltaïques ainsi que de micro-réseaux fonctionnant au gazole. Les actionnaires de Yeelen Kura sont la société Française EDF et la société néerlandaise Nuon.

Après six années d'existence, Yeelen Kura compte plus de 1 500 clients, soit plus de 30 000 usagers et plus de 30 salariés maliens. Le programme 2007 de l'AMADER va permettre un accroissement rapide du nombre de clients, 5 000 au total à la fin de l'année 2008.

Amener l'énergie au cœur des villages

Les services électriques que la société Yeelen Kura propose, sont destinés à répondre aux besoins domestiques de base (éclairage, audiovisuel, etc.). Elle les offre aussi aux structures de santé, d'éducation ou à des communautés locales. Depuis l'été 2006, elle étend ses services pour répondre à des besoins productifs : commerçants, artisans, pompages, etc. Les usagers sont liés par contrat. Ils paient un prix fixe, qui est fonction du service proposé. L'offre de base comprend l'accès à l'éclairage, par deux sources lumineuses. L'offre s'élargit ensuite jusqu'à inclure trois lampes et une connexion pour radio et télévision couleur.

Le paiement du service électrique s'organise selon deux modalités : un coût de raccordement de 17 800 (27 €) à 20 900 F CFA (32 €) et un abonnement mensuel de 2 800 (4,3 €) à 5 900 F CFA¹ (9 €). Elle vend aussi l'énergie au compteur (175 F CFA / kWh soit 0,27 €) pour un service essentiellement destiné à des clients importants (artisans notamment). Ses services sont disponibles dans 15 agences locales. La SSD s'est engagée à fournir ses services sur quinze ans.

1 > Taux de change : 1€ = 657 FCFA

Les services proposés par la société sont essentiellement domestiques et s'appuient sur la mise à disposition de kits photovoltaïques de 43 à 100 Wc, installés dans chaque foyer. Par ailleurs, la fourniture d'énergie par microréseaux dans le cœur des villages est en cours de réalisation et devrait répondre aux besoins d'énergie pour des activités productives, tels que l'artisanat et le pompage d'eau. Six micro-réseaux ont été installés en 2007.

Services proposés en électrification rurale

Les services proposés sont très variés, et dépendent du propriétaire ou de la structure gérant l'installation. Une structure privée ou associative fournit généralement de l'électricité sous forme de forfait ou au compteur. Le forfait consiste à faire payer à l'utilisateur une puissance maximum, équivalent à un certain usage (voir exemple Yeelen Kura au Mali). Le contrat à la demande nécessite l'installation d'un compteur, d'une manière similaire à ce qui se fait en zone urbaine. Lorsque le propriétaire est un particulier, les contrats sont négociés au cas par cas : forfait, participation aux frais de carburants, etc.

Technologies utilisées dans l'électrification rurale

Les technologies utilisées dans le cadre de l'électrification rurale ont pleinement profité des progrès réalisés sur les énergies renouvelables. Historiquement, l'électrification rurale s'est faite à partir de trois sources d'énergies :

- Les batteries rechargeables : il s'agit de batteries de voiture rechargées au groupe électrogène le plus proche (commerçant, garagiste, mission, etc.). Les installations de recharge et d'usage sont rustiques (pas de régulateur, etc.) et les batteries ont une durée de vie très courte (souvent moins de 30 cycles de charge-décharge). La gestion des batteries usagées, qui doivent impérativement être recyclées du fait des produits qui la composent (acide, plomb), nécessite d'être prise en compte.

- Les groupes électrogènes : ils sont composés d'un moteur et d'une génératrice. Ils sont en général utilisés pour des usages spécifiques comme le froid, l'artisanat ou l'éclairage de commerces ; ils bénéficient secondairement à l'éclairage domestique et éventuellement à la recharge de batteries. S'ils

sont utilisés collectivement ils requièrent un réseau de distribution. Le groupe électrogène s'adapte bien à tout type de puissance, mais outre les aspects environnementaux, son coût d'exploitation est fortement dépendant du coût du gasoil.

- Les pico ou micro-centrales hydroélectriques : elles sont largement répandues dans certains pays, à forte ressource en eau, souvent en auto-construction si l'usage est individuel. Une centrale est composée d'un système de récupération de l'eau, d'une turbine et d'une génératrice. Hormis dans le cas des pico-centrales élaborées par les usagers, les centrales et l'aménagement d'un site requiert des investissements importants. En revanche, leur coût d'utilisation étant très faible, elles permettent d'obtenir une électricité très bon marché à long terme (10 ou 15 ans). En utilisation collective, comme pour les groupes électrogènes, elles nécessitent un réseau de distribution de l'électricité.

Depuis plus d'une décennie se généralise l'utilisation du photovoltaïque :

- Les panneaux solaires (qui assurent la conversion directe du flux lumineux du soleil en électricité), délivrent en général une tension de 6 volts, 12 volts ou 24 volts, l'énergie étant stockée la journée dans des batteries. L'installation est alors le plus souvent individuelle, mais des expériences de centrales solaires alimentant un micro réseau se mettent en place. Le principal point faible provient aussi des batteries, qu'il convient de changer régulièrement.



Panneau PV sur toiture

Photo : E Buchet GERES

L'ÉCLAIRAGE

Rappel sur l'éclairage non électrique

La grande majorité (souvent plus de 80 %), des populations rurales des pays en développement utilise des sources lumineuses non électriques, parfois complétées par des torches électriques lorsqu'il s'agit de se déplacer. Pour ces usagers, il n'est pas rare que l'éclairage soit l'élément le plus coûteux de leur consommation d'énergie : il accapare le plus souvent 10 à 15 % du revenu des ménages.

Les sources les plus fréquemment rencontrées :

- **Le feu de bois**, qui souvent sert à la fois à la cuisson et à l'éclairage, voire au chauffage. Le service rendu est faible en éclairage, il n'est pas mobile, et rarement utilisable à l'intérieur de l'habitation. C'est la seule source d'énergie non commerciale, en général gratuite ;
- **La lampe à pétrole** : très largement répandue, elle brûle du kérosène. Faible luminosité et faible coût ;
- **La lampe à pétrole sous pression** : 5 à 10 fois plus lumineuse que la précédente (autant qu'une ampoule

électrique de 100 W), mais assez onéreuse à l'achat et en consommation. Souvent utilisée pour des applications spécifiques, non domestiques : pêche, commerces, réunions communautaires, etc. ;

- **La lampe à gaz** : même luminosité que la lampe à pétrole sous pression, elle utilise du butane ou du propane en bouteilles rechargeables. Moins mobile que les précédentes, elle est aussi beaucoup plus chère et donc plus rarement utilisée, surtout en utilisation domestique ;
- **Les plus anciennes sources lumineuses mobiles que sont les torches à résine, les bougies et les lampes à huile**, sont encore utilisées ;
- **La torche électrique** : largement utilisée pour les déplacements, peu onéreuse à l'achat mais très onéreuse en fonctionnement car les piles coûtent très cher en rapport à la lumière fournie ;
- **La torche à led** : elle est en train de remplacer la torche électrique classique, ayant une durée de fonctionnement plus longue grâce à une consommation plus faible.

TYPE DE SOURCE LUMINEUSE	FLUX LUMINEUX (LUMENS OU LM)	DURÉE DE VIE	PRIX ACQUISITION F CFA	COÛT HORAIRE ¹ F CFA	COÛT MENSUEL F CFA	COÛT DU SERVICE F CFA/ LM.HEURE
Feux de bois	3	/	/			
Bougie	10	/	/	20	2400	4
Lampe à pétrole	40	2 ans	4000	10	1200	0,2
Lampe à pétrole sous pression	400	3 ans	20000	22	2640	0,06
Lampe à gaz	400	3 ans	20000	34	4080	0,09
Torche électrique	15	2 ans	3000	26	3125	1,7
Torche LED	25	30 ans	4000	8	960	0,03

¹ coût global sur une base de 4h/j, tenant compte de l'investissement, de l'entretien et de la consommation
Source : PNUD – Banque Mondiale et GERES

Un peu de vocabulaire

• **Lampe fluorescente** : la lampe est recouverte intérieurement d'une poudre fluorescente qui émet de la lumière lorsque le gaz également contenu dans la lampe est soumis à des décharges électriques produites par des électrodes.

• **Flux lumineux** : quantité de lumière émise par une source lumineuse, exprimée en lumens. Un flux de 400 lumens permet d'éclairer correctement une pièce de 10 m².

• **Ballast** : dispositif électronique indispensable pour connecter une lampe fluorescente sur le 12 V ou 220 V. Souvent intégré au support des tubes fluorescents, le ballast peut également être miniaturisé et intégré dans le culot des lampes fluorescentes que l'on peut alors brancher directement sur le 12 V ou le 220 V.

• **Efficacité lumineuse** : c'est le rapport entre le flux lumineux en lumens et la puissance consommée de la lampe (l'énergie peut être électrique ou thermique-pétrole, gaz, etc.). Permet de comparer les performances des lampes, s'exprime en lumen par watt (lm/w).

Le choix d'un mode d'éclairage électrique

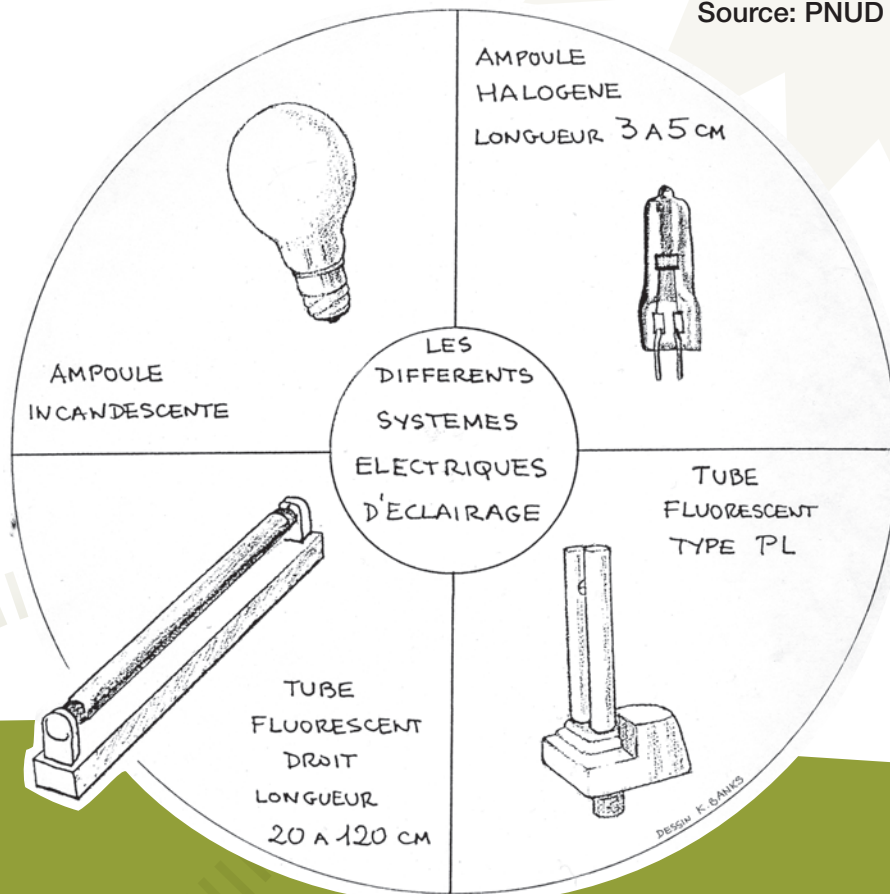
L'éclairage électrique requiert une installation à l'intérieur de l'habitation pour alimenter les lampes. Selon la source d'énergie, cette alimentation peut être en basse tension (220 Volts alternatif), pour les petits réseaux et les groupes électrogènes ou en très basse tension (12 Volts continu), pour les autres solutions.

Dans tous les cas, il faut privilégier les lampes performantes qui consomment quatre fois moins d'énergie que les lampes à incandescence standard (cinq fois moins pour les meilleurs tubes fluo PL), et qui durent six fois plus longtemps.

Elles sont plus chères à l'achat, mais de toutes façons il est toujours beaucoup plus avantageux de payer un peu plus au départ pour économiser des consommations plutôt que de devoir produire plus d'énergie pour finalement la gaspiller.

		absorbée	lumineuse	
Incandescence	25 Watt - 12 V	25 Watt	10 lm / W	1 000 heures
	60 Watt - 220 V	60 Watt	12 lm / W	1 000 heures
Halogène 20 Watt - 12 V	400 lm	20 Watt	20 lm / W	2 000 heures
Fluorescente	PL 9 Watt - 12 V	12 Watt	50 lm / W	6 000 heures
	PL 11 Watt - 12 V	14 Watt	64 lm / W	6 000 heures
	TL 8 Watt - 220 V	15 Watt	30 lm / W	5 000 heures
	TL 13 Watt - 220 V	18 Watt	54 lm / W	5 000 heures
	PLC 13 Watt - 220 V	17 Watt	53 lm / W	5 000 heures

Source: PNUD - Banque Mondiale.



Pour obtenir un bon éclairage pour une pièce de 10 m², équivalent en puissance à la lampe à pétrole sous pression, il faut consommer :

- 40 W en incandescence • 20 W en halogène • 9 W à 15 W en fluorescence

soit quatre fois moins d'énergie à produire avec les lampes fluorescentes, d'où un système quatre fois plus petit et donc quatre fois moins chers, ou bien quatre fois plus d'utilisateurs possibles pour une même puissance de groupe électrogène ou de micro-centrale hydroélectrique.

Les coûts de l'éclairage électrique

Il faut distinguer les coûts d'investissement des coûts de fonctionnement. En éclairage électrique solaire ou mini réseau, l'investissement est beaucoup plus élevé qu'avec les solutions traditionnelles comme la lampe à pétrole ou la torche à piles. Mais, le coût de fonctionnement, à service identique, est très inférieur.

Pour pouvoir comparer à la lampe à pétrole les différents systèmes électriques, nous utilisons des caractéristiques ramenées « à la lampe » : ainsi un groupe électrogène de 500 W alimentant huit lampes à incandescence de 60 W coûterait 280 000 F CFA, soit 35 000 F CFA par lampe :

	COÛT INITIAL PAR LAMPE (FCFA)	FLUX LUMINEUX PAR LAMPE	DURÉE DE VIE	PUISSANCE OU CONSOMMATION HORAIRE	COÛT MENSUEL ** PAR LAMPE
Lampe à pétrole	4 000	40 lm	2 ans	0,021	1 200 F CFA
Torche électrique	3 000	15 lm	2 ans	0,1 pile	3 100 F CFA
Lampe intérieure LED	15 000	25 - 50 lm	30 ans	1 W	350 F CFA
Lampe solaire portable	100 000	300 lm	5 ans	7 W	1 700 F CFA
Kit solaire	80 000	400 lm	10 ans (batterie : 2 ans)	8 W	1 500 F CFA
Groupe électrogène avec lampes fluos ***	15 000	900 lm	5 ans	0.031 / h	3 500 F CFA
Groupe électrogène avec lampes incand.***	35 000	730 lm	5 ans	0.101 / h	8 500 F CFA

* Coût total de l'installation électrique réparti par lampe.

** Pour 4 h d'utilisation par jour, y compris entretien.

*** On considère 50% du groupe dédié à l'éclairage, et 50% des lampes allumées en même temps pour amortir les coûts sur l'ensemble. Si ce n'est pas le cas, les coûts mensuels et coûts du service des groupes électrogènes sont fortement augmentés.

8]

RADIO, TÉLÉVISION, PRODUCTION DE FROID ET VENTILATION

Outre l'éclairage, l'électricité domestique permet d'offrir d'autres services aux populations, comme avoir une radio, une télévision, un réfrigérateur, un ventilateur. Contrairement à l'éclairage, ces applications sont nouvelles pour l'usager qui ne possédait pas l'électricité auparavant. Mais, il les « connaît » toutes, pour les avoir vues en ville, chez un proche ou dans un commerce. Les posséder est donc un signe de développement social, celui d'être enfin au même niveau que le citadin.

Des services non prioritaires ... mais néanmoins importants

Posséder une télévision ne contribue pas à l'amélioration des moyens de production. Pour autant, il ne faut pas juger ce service inutile ou contre-productif : il répond en effet à une demande de certains usagers, et offre quelques avantages.

- **Impact sur les conditions de vie** : les conditions de vie en zone rurale sont plus difficiles qu'en ville, et offrent moins de confort, de signes de développement. Il en résulte un refus de rester au village pour les jeunes, ou de s'y rendre pour des populations formées (infirmière, enseignant, technicien). La possibilité de posséder une télévision ou d'autres appareils de confort, diminue ces différences villes / zone rurale, sources d'exode rural.

- **Un caractère culturel** : la télévision, par ses émissions, diffuse un socle culturel. Elle est un facteur d'identification à une même société.

- **L'information et la sensibilisation** : sans pour autant dire que la télévision permet d'éduquer les populations, on peut toutefois accepter qu'il s'agit d'un média véhiculant l'information et les campagnes de sensibilisation. Ces quelques points valent aussi pour la radio. Posséder un réfrigérateur en zone rurale est davantage un luxe, de même que la ventilation.

Les solutions techniques

Des appareils à faible consommation sont proposés aux populations. Ils peuvent ainsi se brancher sur une batterie, et profiter au mieux des faibles puissances disponibles.

USAGE	PUISSANCE	ÉNERGIE CONSOMMÉE (PAR JOUR)
Télévision Noir et Blanc	30 W	0,1 kWh
Réfrigérateur 100 litres	80 W	0,4 - 1 kWh
Radio	10 W	0,05 kWh
Ventilation	40 W	0,4 kWh

Les préférences des usagers

Les besoins en télévision, réfrigérateur, système de ventilation peuvent parfois compliquer la tâche de la structure responsable de l'électrification. Certains usagers (fonctionnaires en particulier), vont par exemple préférer une solution où ils vont pouvoir utiliser leurs anciens équipements (qui fonctionnent au courant alternatif et sont gourmands en énergie), et où ils se sentent libre de rajouter ou d'enlever ce qu'ils veulent. L'usager demande en fait le même confort que celui de ses proches qui se trouvent en ville, et souhaite donc être connecté à un réseau et équipé d'un compteur. Or bien souvent en zone rurale, il est préférable d'installer des kits solaires, plus contraignants dans le mode de fonctionnement, mais plus adaptés à la demande que peut réellement s'offrir la population locale. Cette situation astreint la SSD ou l'association à un surplus de pédagogie.

LA CHARGE PERSONNELLE DE BATTERIE

Les installations électriques étant rares, les populations utilisent beaucoup les batteries et les piles pour faire fonctionner leurs appareils. En ajoutant à cela la présence des téléphones portables, qu'il faut là aussi charger, la recharge de petites batteries est une application répandue. Lorsque l'abonné à un service électrique réalise cette charge de batterie uniquement pour sa famille et ses proches, on considère cela comme une application domestique. Cela représente un faible volume par rapport à l'activité de recharge de batterie réalisée comme source de revenus.

D'autre part, pour les particuliers réalisant des installations rudimentaires qu'ils entretiennent eux-même, les batteries se détériorent plus facilement au cours de ces charges.



Permettre l'accès au service d'électricité domestique hors réseau électrique national et dans le respect de l'environnement est un processus de longue haleine qui nécessite de mettre en place des outils adaptés pour pouvoir satisfaire les usagers dans la durée. Connaître le contexte local et national, analyser la demande, élaborer les schémas financiers, anticiper le rôle de chacun, mais aussi former les usagers et les accompagner, sont ainsi autant d'étapes à franchir pour mener à bien un projet. L'objectif de cette partie ne sera cependant pas de traiter ces étapes en profondeur, mais simplement de sensibiliser le lecteur à certaines questions.

L'ÉTUDE DE MARCHÉ INITIALE, LE CHOIX DE LA SOLUTION TECHNIQUE ET LA PROPOSITION D'UN SCÉNARIO

L'étude de marché réalisée par le porteur du projet doit lui permettre d'élaborer une solution technique adaptée à ses futurs clients d'une part, et de sensibiliser les populations potentiellement concernées d'autre part. Pour cela, l'étude de marché ne doit pas se limiter à un recensement des personnes potentiellement intéressées. Elle doit permettre de comprendre les attentes, les besoins, les moyens et l'organisation de ces personnes. Elle doit en particulier recenser les besoins en électricité productive. Il faudra s'intéresser en parallèle aux contributions financières extérieures au village.

Choix de la solution technique

Le choix technique à ce moment du projet se traite en deux étapes. Il s'agit d'abord de savoir s'il faudra prévoir une source d'énergie centralisée ou non, et ensuite de choisir la ou les sources d'énergie. Ces deux choix dépendront, outre de l'analyse du marché, des aides apportées au projet. Pour rappel, l'accès à l'électricité a un coût presque toujours supérieur aux capacités financières des usagers, sauf en énergie productive.

Proposition de scénario : problématique de l'espacement des communes

L'étude de marché va permettre d'établir le scénario du projet. Il va s'agir d'un plan de développement pouvant être adapté aux résultats de la campagne de vente. Il sera en particulier décidé l'espace géographique retenu. Les communes africaines sont parfois très étendues, et faiblement peuplées. Il n'est donc pas toujours possible de proposer le service à tout le monde (coût de connexion dans le cas d'un réseau ou coût de suivi dans le cas de sources individuelles).

Réalisation du plan de financement

L'étude de marché, le choix de la solution technique et la prise en compte d'un scénario fournissent tous les éléments nécessaires à la réalisation du plan de financement. Celui-ci doit prendre en compte un certain nombre de risques, et être en mesure de les supporter. Cela doit aussi permettre de fixer le capital nécessaire, les futurs recours aux emprunts. Cela peut aussi servir d'élément de négociation en vue d'obtenir une aide des agences de l'État, ou de programmes de développement.

Échange avec les populations

L'étude de marché, comme les premiers choix qui en découlent, doit être réalisée en lien avec les populations. Toute frustration et incompréhension sur les décisions prises entraîne une déception par rapport à l'opérateur et donc un risque de non adhésion au service. Or la rentabilité de l'opérateur est liée à son nombre de clients.

CAMPAGNE DE VENTE

La phase campagne de vente peut commencer dès lors que le choix technologique a été réalisé. Le gestionnaire met au point une offre commerciale, qu'il proposera aux populations qui pourront accepter l'offre (et s'abonner), ou la refuser. Les offres sont de deux types : au forfait ou à la consommation.

Forfait ou consommation, limiteur ou compteur

Le principe du forfait est de faire payer une puissance disponible. L'utilisateur ne peut pas consommer davantage. Souvent, le forfait n'est pas proposé sous la forme d'une puissance disponible, mais plutôt d'un usage : deux ampoules et une télévision par exemple. Les frais d'installation sont souvent pris en compte dans les frais de souscription au service, et le remplacement des ampoules généralement pris en charge par l'opérateur. Ce contrat a l'avantage pour l'utilisateur de ne pas lui créer de mauvaise surprise, puisqu'il sait combien il doit payer. Le gestionnaire lui-même maîtrise mieux la consommation.

Cependant, de nombreux usagers préfèrent le principe du compteur. Ils paient alors ce qu'ils consomment (un minimum est requis). Cela permet l'utilisation de matériels variés, l'utilisateur se sent libre, et avec un service identique à celui proposé aux citoyens. Les investissements sont cependant plus importants et la gestion plus complexe.

AJUSTEMENT ET FINANCEMENT

Ajustement

La fin de la campagne de vente va permettre d'ajuster le scénario prévu après l'étude de marché. Sauf changement important (dû par exemple aux prix ayant fortement évolué), il ne doit pas y avoir de remise en cause importante. Les ajustements vont davantage concerner l'agenda de mise en fonctionnement ou le tracé du réseau (dans le cas où l'électrification par réseau est prévu). Encore une fois, ces ajustements doivent être clairement expliqués aux populations et aux abonnés. Le choix du tracé du réseau est typiquement une source de mécontentement des clients. Le scénario a sans doute amené à choisir une taille limitée pour le réseau, et certains usagers ne seront pas raccordés immédiatement ou devront payer un coût de raccordement plus élevé qu'annoncé.

La finalisation du plan de financement

Le plan de financement définitif peut maintenant être conçu. Il servira à justifier des emprunts (si nécessaire), et permettra de voir les marges de manœuvres disponibles au cours de l'exploitation.



Photo : Eric BUCHET GERES

Recouvrement des abonnements sur un marché : PERG solaire au Maroc

Bibliographie

- Accès aux services de l'électricité, ARENE et Fondation Énergies pour le Monde, septembre 2007
- Scarabée n°19-20 : Électrification rurale par énergies renouvelables en Afrique Sub-Saharienne, ARENE et Fondation Énergies pour le Monde, novembre 2007
- Introduction à l'éclairage électrique et bases d'éclairagisme, Électriciens Sans Frontière (ESF), novembre 2005
- Fiche technique PRISME - Thématique : Les politiques de maîtrise de l'énergie - Fiche n° 7, IEPF, 2006
- Opérateurs Electriques en Milieu Rural au Mali et au Burkina Faso, EASE et IMPROVES, mars 2007
- L'électrification rurale décentralisée au Maroc, Fonds Français pour l'Environnement Mondial, juin 2005

Sites internet

- Site du PNUD – Programme des Nations Unies pour le Développement : <http://www.undp.org/french/>
- Site du PNUE – Programme des Nations Unies pour l'Environnement : <http://www.unep.org/french/>
- Site de la Banque Mondiale : <http://www.banquemondiale.org/>
- Site du système d'information énergétique du Sénégal : <http://www.sie-energie.gouv.sn/>
- Site du RIAED - Réseau International d'Accès aux Energies Durables : <http://www.riaed.net/>
- Site de Light Up the World Fundation : <http://www.lutw.org>
- Site de ESF - Électriciens sans frontière : <http://www.electriciens-sans-frontieres.org/>
- Site de YIL Agence, dédié à la veille technologique internationale sur l'énergie et les énergies renouvelables : <http://www.planetenergie.org>

Auteurs

Eric BUCHET - Benjamin PALLIERE
GERES - 2, cours Foch - 13400 Aubagne - France



Édition : YIL Agence - Mars 2009
7 bis, rue Decrès, 75014 - Paris.
Tél : 01 45 45 17 49 - Fax : 01 45 45 19 34
<http://www.yilagence.org>
Courriel : yilagence@planetenergie.org
ISBN : 978-2-918222-04-0
Dépôt légal : Mars 2009

ÉNERGIES DURABLES ET DÉVELOPPEMENT EN MILIEU RURAL EN AFRIQUE.

DOSSIER PÉDAGOGIQUE

FICHE N° 1.

- L'ÉNERGIE ET LE DÉVELOPPEMENT

FICHE N° 2.

- LES CHOIX ÉNERGÉTIQUES EN MILIEU RURAL, L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET LA PLACE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

FICHE N° 3.

- LA CUISSON DES ALIMENTS

FICHE N° 4.

- L'APPROVISIONNEMENT EN EAU

FICHE N° 5.

- L'ACCÈS À L'ÉLECTRICITÉ ET SES APPLICATIONS DOMESTIQUES

FICHE N° 6.

- L'HABITAT : MATÉRIAUX ET CONFORT DE VIE

FICHE N° 7.

- L'ÉNERGIE DANS LES STRUCTURES DE SANTÉ

FICHE N° 8.

- LES TÉLÉCOMMUNICATIONS

FICHE N° 9.

- L'ACCÈS À L'ÉNERGIE ET SES UTILISATIONS DANS L'AGRICULTURE

FICHE N° 10.

- L'ÉNERGIE ET LES TRANSFORMATIONS ALIMENTAIRES



FICHE N° 6

L'HABITAT : MATÉRIAUX ET CONFORT DE VIE

Jean-François ROZIS - Avec la participation de M. Amos FOUJNET et de M. Gérard DIEHL

Auteurs

Présentation

Cette fiche présente des recommandations en matière de choix des matériaux, de dimensionnement pour rechercher des conditions de confort acceptables en Afrique.

En milieu rural, hors période de crise, l'habitat traditionnel a su s'adapter aux exigences des hommes et du climat. Néanmoins, fréquemment pour du petit collectif (dispensaire, écoles, etc.), ces règles de confort sont souvent oubliées (emploi de tôles ondulées, mauvaise protection face au soleil, ventilation insuffisante, etc.), sans justification économique. Nous ne traiterons pas les critères de choix des matériaux de construction selon leur contenu énergétique (quantité d'énergie nécessaire à leur fabrication), leur impact environnemental (coût du retraitement après usage, impact de la collecte sur le milieu), leur impact socio-économique (création d'emploi, génération ou perte de richesse à l'échelle micro ou macro-économique). Ceci demande des moyens d'investigations lourds, rarement engagés sur ces questions en Afrique.



L'habitat traditionnel est généralement bien adapté aux exigences des hommes et du climat.

6

SOMMAIRE

- Présentation **P.1**
- Les climats et leur influence sur le confort **P.2**
- Les solutions envisageables pour améliorer le confort **P.5**
- Fonctions de la ventilation et acceptabilité **P.6**
- Références bibliographiques **P.8**

En milieu rural, les habitants ont délaissé les techniques anciennes et les matériaux de proximité au profit des plus coûteux que sont : les tôles ondulées et le ciment.

De nos jours, les constructions des populations rurales peuvent être classées en trois catégories :

1 - Ceux ayant des cultures de rente (café, cacao, etc.), faisant appel aux tâcherons des villes environnantes pour les aider à construire des maisons en parpaing de sable / ciment, tôles ondulées calquées sur des modèles dits modernes et urbains. La construction est alors liée à une économie monétaire, à des connaissances techniques et à des normes. Les revenus très ponctuels de leurs cultures et assujettis à la variation des cours sur le marché obligent le paysan à peiner au fil des ans, en étalant sa construction sur plusieurs saisons agricoles. **Les plus grandes difficultés auxquelles ils sont confrontés sont les suivantes :**

- évaluation des matériaux nécessaires et transport des matériaux des points de vente à leur domicile,
- très forte influence des tâcherons de compétence technique faible venant généralement des centres urbains les plus proches,
- sur-utilisation des matériaux et mauvaise mise en oeuvre.

2 - Ceux faisant des constructions mixtes : matériaux de proximité (terre, brique d'adobe, bois), matériaux importés venant des villes (ciment, tôles ondulées, bois). Ceux-ci construisent en briques d'adobe et appréhendent des rondins de bois pour la charpente. Ils font ensuite appel aux artisans menuisiers pour la charpente et les ouvertures. Le crépissage en sable / ciment est ensuite réalisé par un maçon ; tous ces travaux sont programmés en fonction des périodes de vente des produits agricoles.

3 - Ceux sans revenus monétaires, utilisant des techniques traditionnelles et des matériaux de proximité, réalisent leurs maisons grâce à l'entraide sociale : fabrication des briques, recherche des matériaux mis en oeuvre, réalisation des ouvertures et construction du grenier.

De manière générale, les réalisations se caractérisent par leur niveau de confort et leur faible durabilité. En saison des pluies, les précipitations érodent fortement les constructions. Le travail de maintenance fait partie intégrante du cycle de la vie rurale. Il s'agit certainement de la meilleure réponse aux contraintes économiques, mais on constate aussi que ceux appartenant à une catégorie plus aisée, soit par effet de mode (tôle ondulée, symbole de modernité), soit par méconnaissance (pas de référence, d'information), ne s'offrent pas un habitat bien plus confortable.

Les climats et leur influence sur le confort

2]

L'habitat populaire se traduit par son lien avec les hommes qui l'ont créé (savoir-faire, culture, moyens financiers), et le milieu qui, en dehors des matériaux existants (pierres, terre, sable, paille, bois, etc.), se caractérise avant tout par son climat.

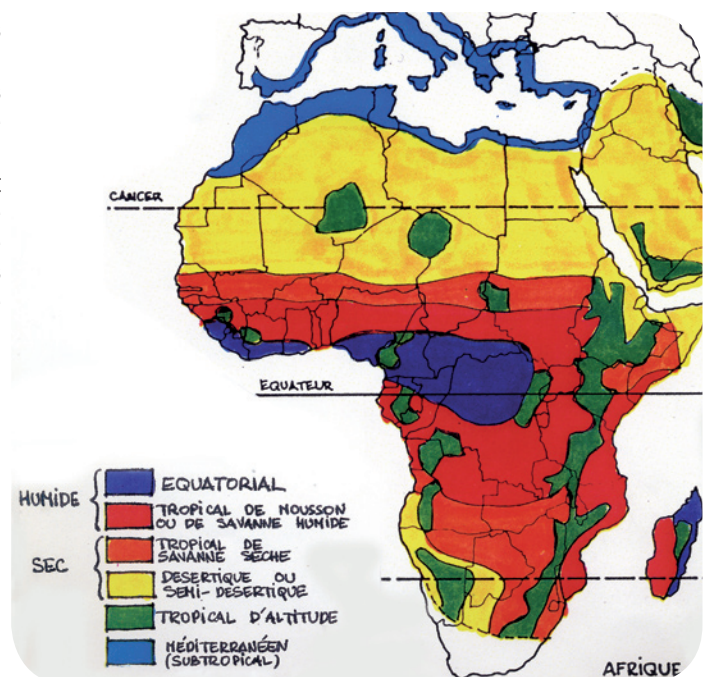
Nous allons donc présenter les grands types de climats rencontrés en Afrique.

La classification généralement adoptée divise les régions tropicales en deux familles climatiques (tropical humide et tropical sec).

Dans ces deux groupes, on distingue pour le climat tropical humide, le climat équatorial et tropical de savane humide et pour le climat tropical sec, le climat désertique (ou semi-désertique), et de savane sèche avec le cas particulier du climat tropical d'altitude (plateaux d'altitude supérieure à 1 500 m).

CARACTERISTIQUES DES CLIMATS

- T : Température
- P : Pluies
- H : Humidité
- V : Vent
- S.S : Saison sèche
- S.P : Saison des Pluies



Tropical humide

1. ÉQUATORIAL	2. MOUSSON ET SAVANE HUMIDE
<p>Peu de différences entre les saisons Ciel nuageux et couvert toute l'année</p> <p>T : Chaudes toute l'année Amplitudes diurnes faibles (5 à 10°C) Amplitude annuelle faible (3 à 6°C)</p> <p>P : Plus de 2 000 mm annuels (parfois 5 000)</p> <p>H : Forte Humidité Relative : 55 à 100 (généralement supérieurs à 75)</p> <p>V : Faible avec forte augmentation possible Une ou deux directions principales</p>	<p>Deux saisons (2/3 très chaud et sec ; 1/3 chaud et humide)</p> <p>*Ciel bleu pendant S.S. ; nuages pendant S.P.</p> <p>T : Chaudes, parfois très chaudes (Saison sèche) Amplitude annuelle (6 à 11°C) Amplitude diurne (S.S. : 11°C ; S.P. : 7°C)</p> <p>P : 1 200 à 1 900 mm annuels, uniquement pendant S.P.</p> <p>H : Dépend de la saison H. Relative : 25 à 55 pendant S.S. 55 à 100 pendant S.P.</p> <p>V : Changement de 180°, pour les climats de moussons, pendant les périodes de transi- tion.</p>

Tropical sec

3. DÉSERTIQUE, SEMI-DÉSERTIQUE	4. SAVANE SÈCHE
<p>Différence entre saisons plus ou moins marquée (très chaud, chaud ou très chaud ou tempéré). Ciel clair, parfois obscurci par poussières et sable</p> <p>T : Très élevées pendant la saison chaude Amplitude annuelle : 11 à 17°C Parfois plus Amplitudes diurnes fortes (11 à 23°C)</p> <p>P : Faibles. Moins de 250 mm annuels</p> <p>H : Faible : H. Relative : 10 à 55%</p> <p>V : Très variable, parfois violent. Risques de tempêtes de sable (vents chauds)</p>	<p>Approximativement 3 saisons : chaud et sec, très chaud, pluies. Ciel : dépend de la saison</p> <p>T : Chaudes à très chaudes Amplitude annuelle : 6 à 11°C Amplitudes diurnes (S.S. : 11°C ; S.P. : 7°C)</p> <p>P : 500 à 1 250 mm annuels, surtout pendant S.P</p> <p>H : Dépend de la saison</p> <p>H. Relative : 20% à 55% pendant S.S. 55% à 95% pendant S.P.</p> <p>V : Constant et fort pendant une grande partie de l'année.</p>

Tropical d'altitude

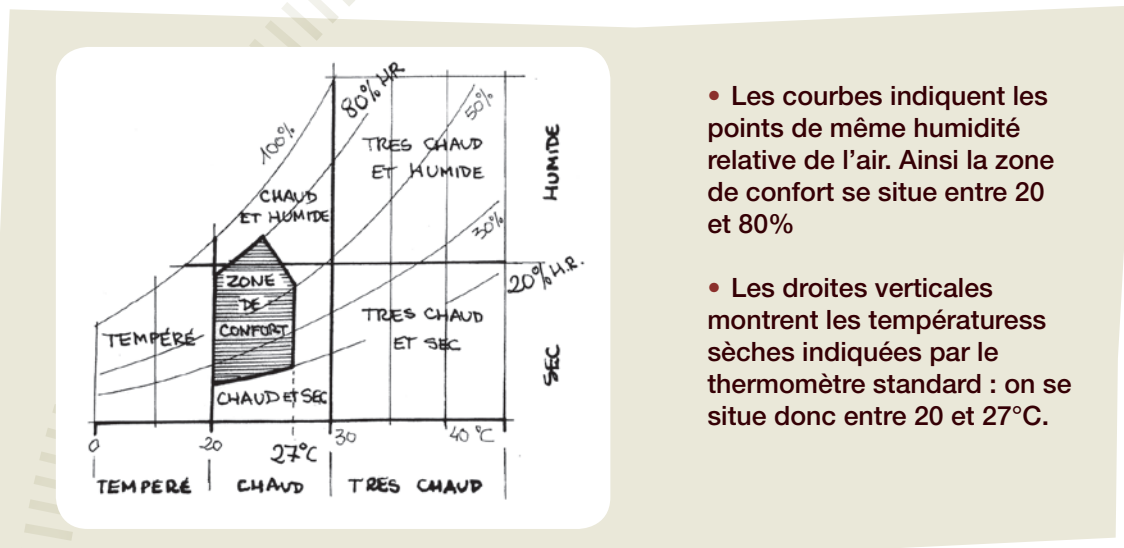
- Saisons peu marquées près de l'Equateur, plus marquées au fur et à mesure que l'on s'en éloigne.
- En général, le climat ressemble à celui de la zone climatique correspondante, avec des températures plus faibles (environ 5 à 6°C de moins pour 1 000 mètres d'altitude), une humidité moyenne, et des pluies souvent inférieures à 1 000 m annuels.

Toutefois, dans chaque sous-groupe, on rencontrera des micro-climats influencés par la proximité de l'océan, des fleuves, des montagnes ou d'une grande concentration urbaine.

Le rayonnement solaire, l'humidité, la vitesse et la température de l'air vont déterminer un niveau de confort intérieur, suivant la conception du bâtiment (architecture, emploi de matériaux, orientation, etc.).

Cette notion de confort est difficile à mesurer et reste une notion subjective. Une enquête réalisée en Côte d'Ivoire par Adel Moutarda* a mis en avant une plus grande capacité à supporter des ambiances intérieures chaudes chez des ressortissants de climats chauds, que chez ceux provenant des climats froids. Toutefois, après 5 à 7 ans de vie dans un climat donné, on peut considérer un individu comme adapté à ce climat. La notion de confort physiologique a donc été proposée pour mesurer la qualité des ambiances intérieures. Il s'agit du domaine des conditions pour lesquelles les mécanismes thermorégulateurs sont dans un état d'activité minimum.

La zone du confort présentée ci-dessous est établie pour des sujets acclimatés, au repos ou engagés dans une activité sédentaire, avec une tenue vestimentaire légère.



Chaque individu a sa propre échelle de références pour évaluer une ambiance thermique. Cette échelle de référence peut varier avec le temps, voire au cours d'une journée : rentrer dans une pièce où il fait 30°C en venant de l'extérieur où il ferait plus de 45°C, procure une impression de confort, relatif mais perçu comme tel, alors que 30°C serait vécu comme « trop chaud » pendant la nuit.

* chercheur à l'école Nationale Supérieure des Travaux Publics - Yamoussoukro

Le constructeur, malgré de multiples contraintes d'ordre économique, socioculturel, de choix du site, de disponibilité de matériaux, a néanmoins une certaine liberté de manoeuvre qui va lui permettre, s'il fait les bons choix, de réaliser un habitat agréable pour y vivre, travailler, se reposer.

Dans le cas qui nous concerne, on peut résumer sa démarche par : « Comment concevoir et réaliser des bâtiments relativement frais dans les pays tropicaux, avec des moyens économiques réduits ? »

Les principaux dispositifs architecturaux ou techniques reposent sur :

- une protection maximale face au rayonnement solaire ;
- une ventilation des locaux (naturelle ou artificielle) ;
- une forte inertie thermique avec une ventilation nocturne, façades à l'ombre ;
- un refroidissement par évaporation.

L'analyse du climat va permettre de définir la meilleure stratégie. Les recommandations qui suivent s'inspirent largement de l'ouvrage « Bioclimatisme en zone tropicale » d'Olivier Huet et de Robert Célaire, où des exemples concrets avec une méthodologie et des outils de conception sont présentés en détail. (Cf. bibliographie).

La meilleure protection pour les façades Sud et Nord est une végétation qui se développe horizontalement : plantes sur treillis, tonnelle, etc. Les arbres hauts sont aussi efficaces, s'ils sont suffisamment près du bâtiment.

Pour les façades Est et Ouest, la hauteur du soleil étant moindre, il vaut mieux planter une végétation verticale : arbres, buissons, etc.

La masse du feuillage d'un arbre peut arrêter entre 65 et 90% du rayonnement solaire direct.

Les plantations ne doivent pas être à plus de 6 mètres du bâtiment pour avoir un effet réel d'écran au rayonnement solaire direct ou indirect. Seuls les très grands arbres auront une influence au-delà.

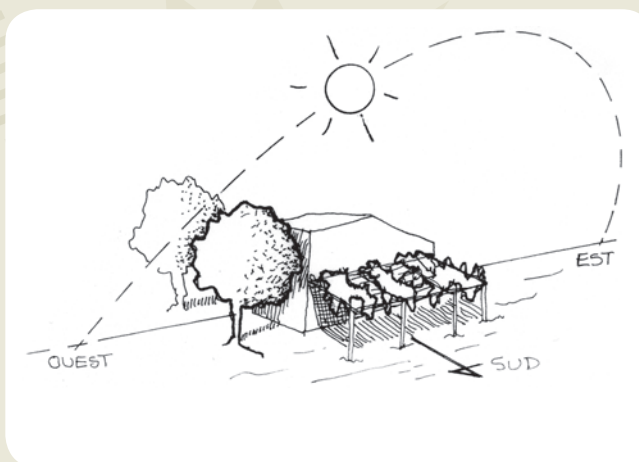
• Se protéger du soleil

On peut résumer l'approche par, en premier lieu, une protection maximale face au rayonnement solaire, quel que soit le climat. Cette protection peut se faire à l'aide d'écrans pare-soleil (volets, claustras, toiture avec comble ventilé), des matériaux isolants (en toiture principalement), de revêtements réfléchissants (peintures claires, débord de toiture, aluminium), et des rideaux d'arbres.

• L'orientation du bâtiment et le débord de toiture

On cherchera à orienter le bâtiment de façon à minimiser l'impact des rayons solaires sur les murs. Les façades verticales Nord et Sud seront les plus importantes et on réduira celles exposées à l'Est et l'Ouest.

Pour parfaire cette protection, on pratique le principe de débord de toiture pour maintenir les façades à l'ombre. Pour cela, il faut calculer ce débord de façon à ce que les rayons solaires pendant la saison chaude ne rencontrent pas les surfaces des murs. En hiver, le soleil étant plus bas dans le ciel, ses rayons peuvent rencontrer le bas des murs puisque les températures sont plus basses et les nuits très fraîches.



• La ventilation

La ventilation, outre le maintien de la qualité de l'air intérieur des bâtiments, a deux avantages pour la recherche du confort :

- une participation au confort thermique du corps en favorisant sa perte de chaleur ;
- un refroidissement de la masse interne des bâtiments dans certaines conditions.

Cette ventilation peut être obtenue de façon naturelle ou mécanique.

Naturellement, l'air se met en mouvement sous l'effet d'une différence de température entre deux zones ou sous un effet moteur du vent extérieur.

Une règle de base est de disposer d'une entrée et d'une sortie de l'air pour qu'il y ait ventilation.

Le mouvement d'air maximum étant obtenu avec deux larges ouvertures disposées sur des murs opposés.

L'INFLUENCE DU CLOISONNEMENT INTÉRIEUR



Intérieur sans cloison, l'air circule uniformément jusqu'à la sortie



Cloisonnement n'interférant pas le flux principal donc pas de modification du flux d'air



Cloisonnement coupant le flux et créant des perturbations. La pièce B n'est pas ventilée. La pièce A l'est très faiblement



Cloison perpendiculaire au flux principal, entraînant une altération importante du flux d'air, d'où une mauvaise efficacité de la ventilation



Cloison parallèle au flux principal entraînant une modification du flux mais la ventilation reste efficace

Toutefois, l'emploi d'un ventilateur peut être nécessaire lorsque la ventilation naturelle est difficile ou peu souhaitable mais son coût (arrivée d'électricité, achat, fonctionnement), reste non négligeable.

Un ventilateur permet entre autres de ventiler l'habitat en réduisant le taux de renouvellement d'air, ce qui peut être précieux dans le cas d'air extérieur chargé de sable et de poussière.

• Quand faire appel à la ventilation ?

Suivant le but recherché (renouvellement de l'air vicié, confort thermique du corps, refroidissement de la masse interne du bâtiment), on compte que la ventilation a ses limites, selon le type de climat. Ces

différentes conditions reprises dans le tableau page suivante.

L'inertie thermique avec ventilation nocturne

La ventilation seule n'est réellement efficace que pour les climats chauds et humides. Pour les climats chauds et secs, il faut donc outre une bonne protection solaire, une ventilation lorsque l'air extérieur est plus froid, ajouter un autre mode de conception. Il s'agit de l'inertie thermique, c'est-à-dire la capacité du bâtiment ou plus précisément des matériaux qui le composent à stocker le froid ou le chaud. Cette inertie est directement liée à la masse du matériau.

Fonctions de la ventilation et acceptabilité

	RENOUVELLEMENT DE L'AIR VICIÉ	CONFORT THERMIQUE DU CORPS	REFROIDISSEMENT DE LA MASSE INTERNE DU BÂTIMENT
Ventilation requise	Dans tous les bâtiments occupés	Surtout en climat chaud et humide	Surtout en climat très chaud et sec
Condition de température extérieure nécessaire	Toutes conditions de température extérieure	Lorsque l'air extérieur est plus frais ou voisin de la température intérieure	Lorsque l'air extérieur est plus froid d'au moins 2°C que l'air intérieur.
Type de bâtiment adéquat	Tout bâtiment	Bâtiment avec une orientation principale face au vent dominant	Bâtiment à grande inertie thermique

L'inertie thermique des parois extérieures a deux effets :

- Retarder le flux de chaleur en provenance de l'extérieur. On parle alors de déphasage qui est le temps qui sépare les moments où les températures externes et internes de la paroi sont chacune à leur maximum.
- Amortir ce flux de chaleur en diminuant les niveaux de température sur la face interne des parois.

Ainsi dans des climats chauds et secs, une forte inertie permettra de minimiser le flux de chaleur vers l'intérieur, avec un déphasage supérieur à 8 heures par exemple pour obtenir que la température de la face interne du mur soit minimum pendant les heures chaudes, maximum la nuit. A ce moment-là, on favorisera la ventilation nocturne facilitée par un air extérieur plus frais ; l'air chaud au voisinage des faces internes sera alors évacué à l'extérieur.

Un déphasage de 10 heures est obtenu avec des murs de 30 cm de terre ou 40 cm de pierre.

On peut présenter la solution architecturale originale mise en oeuvre par Gérard Diehl, architecte ayant conçu et réalisé des murs ventilés pour des applications dans le secteur de la santé et de l'éducation en milieu rural au Burkina Faso (dispensaires, salles de classe). Ces murs sont constitués d'une paroi extérieure, une lame d'air en mouvement (ventilation naturelle), une paroi interne (voir schéma ci-contre p.8).

Ainsi pendant la période diurne, la chaleur en provenance de la paroi extérieure sera en partie rejetée vers l'extérieur par la ventilation naturelle (différence de températures). La paroi intérieure stocke la fraîcheur durant la période nocturne.

Ce dispositif permet de gagner au moins 5°C (par rapport à l'air extérieur), suffisant pour apporter une notion de confort en période diurne. Les blocs de ciment font 15 cm d'épaisseur avec un vide d'air de 10 cm au milieu ; l'épaisseur totale est de 40 cm.

D'autre part, les cloisons intérieures bénéficieront de la période nocturne ventilée pour stocker de la fraîcheur qui sera utile pour le confort de jour. On pourra alors brasser l'air intérieur (ventilateur de plafond), en minimisant l'apport d'air chaud extérieur.

A l'opposé, dans les climats à faibles amplitudes thermiques, pour ce qui nous concerne chauds et humides, où une ventilation permanente est généralement pratiquée, l'inertie n'est plus intéressante, elle est même néfaste.

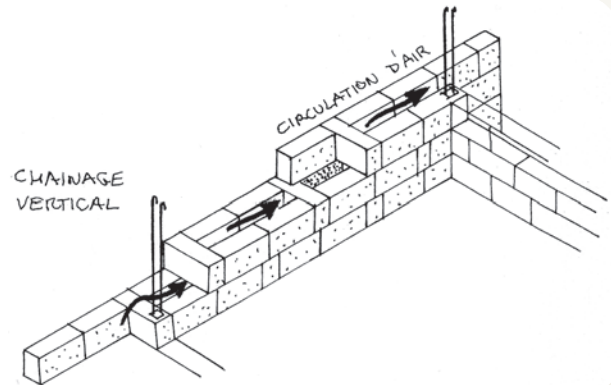
Le refroidissement par évaporation

Enfin, on rencontre le cas des climats de types désertiques très chaud et très sec, où il est efficace de refroidir l'air extérieur par humidification, avant qu'il ne pénètre dans l'habitat.

Ce principe de refroidissement par évaporation est utilisé dans de nombreux pays (jarres poreuses, nattes humidifiées, citernes d'eau sous les maisons, arrosage du sol, etc.). Il est possible de perfectionner ces techniques avec l'adjonction d'un ventilateur : c'est le cas du ventilo-humidificateur dont le coût (environ 200 000 F CFA au Burkina Faso), le réserve essentiellement à un usage urbain.

La réalisation et les coûts

- Le coût d'un mur de blocs de ciment est doublé si l'on dispose de part et d'autre un enduit de ciment. C'est la pratique courante.



Le mur ventilé permet d'améliorer sensiblement le confort

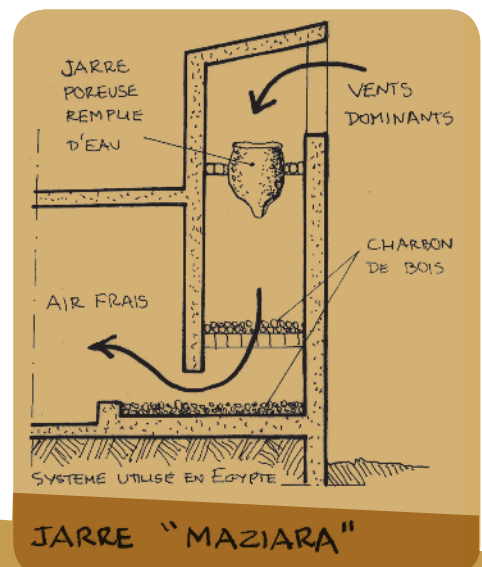
- Si l'appareillage des blocs est soigné, ce que tout maçon est capable de faire, si les joints creux sont lissés à la planche, on peut obtenir un résultat esthétique tout aussi valable qu'un enduit au ciment et à un coût moindre.

- La sur-consommation de toiture apportée par les débords de toiture varie entre 30 et 50 au maximum.

Cette sur-consommation est très largement compensée par l'absence d'enduits ciment sur les murs.

- Concernant les murs intérieurs une bonne économie peut être réalisée en remplaçant les deux couches de peinture sur les maçonneries par deux couches de badigeon de chaux. D'une part beaucoup plus économique que la peinture, la chaux désinfecte les murs de toutes bactéries. C'est important pour les dispensaires et les classes, mais reste valable pour toutes les pièces habitables. La couleur blanche permet enfin d'éclaircir la pièce dont l'éclairage naturel reste parcimonieux au travers des persiennes.

Toutes ces dispositions permettent à un coût moindre d'une conception « classique » d'obtenir un bâtiment durable et d'un confort accru.



Bibliographie

- Déclaration de l'OMM sur l'état du climat mondial, OMM, publication annuelle
- La construction en matériaux locaux, état d'un secteur à potentiel multiple, Urs Wyss, décembre 2005
- Les nouvelles maisons villageoises du Burkina Faso, Association la Voûte Nubienne, 2005
- Dispensaires - Soigner et se soigner dans le confort d'une architecture bioclimatique, janvier 2003
- Lycée Communal - Les fruits du marché, janvier 2003
- Efficacité énergétique de la climatisation en région tropicale, IEPF, novembre 2001

Sites internet

- Site de l'OMM - Organisation Météorologique Mondiale : http://www.wmo.ch/pages/index_fr.html
- Site du CRATerre - Ensag (Culture constructive et développement durable) : <http://terre.grenoble.archi.fr/accueil.php>
- Site de la FAO / Climpag : <http://www.fao.org/nr/climpag>
- Site de la FAO / Climate change : <http://www.fao.org/clim/>
- Site de ArchiAfrika : <http://www.archiafrika.org/francais/>
- Site de l'association la voute nubienne : <http://www.lavoutenubienne.org/>
- Site de YIL Agence, dédié à la veille technologique internationale sur l'énergie et les énergies renouvelables : <http://www.planetenergie.org>



Salle de formation et de réunion pour les membres des groupements de gestion forestière ;
© Projet AIJ/RPTES/BURKINA FASO, Ministère des Mines, des Carrières et de l'Energie, novembre 2003.

Auteurs

Jean-François ROZIS - Consultant indépendant
France - courriel : rozisjf@club-internet.fr
Avec la participation de M. Amos FOUJNET
(Université de Ngoundéré - Cameroun)
et de M. Gérard DIEHL (architecte, formateur à l'IFAID).



Édition : YIL Agence - Mars 2009
7 bis, rue Decrès, 75014 - Paris.
Tél : 01 45 45 17 49 - Fax : 01 45 45 19 34
<http://www.yilagence.org>
Courriel : yilagence@planetenergie.org
ISBN : 978-2-918222-05-7
Dépôt légal : Mars 2009

ÉNERGIES DURABLES ET DÉVELOPPEMENT EN MILIEU RURAL EN AFRIQUE.

DOSSIER PÉDAGOGIQUE

FICHE N° 1.

- L'ÉNERGIE ET LE DÉVELOPPEMENT

FICHE N° 2.

- LES CHOIX ÉNERGÉTIQUES EN MILIEU RURAL, L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET LA PLACE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

FICHE N° 3.

- LA CUISSON DES ALIMENTS

FICHE N° 4.

- L'APPROVISIONNEMENT EN EAU

FICHE N° 5.

- L'ACCÈS À L'ÉLECTRICITÉ ET SES APPLICATIONS DOMESTIQUES

FICHE N° 6.

- L'HABITAT : MATÉRIAUX ET CONFORT DE VIE

FICHE N° 7.

- L'ÉNERGIE DANS LES STRUCTURES DE SANTÉ

FICHE N° 8.

- LES TÉLÉCOMMUNICATIONS

FICHE N° 9.

- L'ACCÈS À L'ÉNERGIE ET SES UTILISATIONS DANS L'AGRICULTURE

FICHE N° 10.

- L'ÉNERGIE ET LES TRANSFORMATIONS ALIMENTAIRES



FICHE N° 7

L'ÉNERGIE DANS LES STRUCTURES DE SANTÉ

Auteur
Jean-Paul LOUINEAU



L'énergie et la santé

La majorité des pays en développement ont adopté en 1978 la stratégie des Soins de Santé Primaires (SSP) lors de la conférence d'Alma-Ata dont l'objectif était :

« La santé pour tous en l'an 2000 ». Cette stratégie repose sur le concept suivant : « Les soins de santé de base doivent être accessibles à un coût que le pays et la communauté peuvent supporter ». Cinq principes ont été dégagés : Équité, Participation, Technologie appropriée, Prévention et une approche intégrée sur les problèmes de santé publique.

Le concept des Soins de Santé Primaires est appliqué sur le terrain par les structures de santé. Un établissement de santé conduit des actions préventives (ex. vaccination, programme de surveillance maternelle et infantile, nutrition, eau et assainissement) et des actions curatives (diagnostics, soins, interventions chirurgicales, etc.), en faveur des populations.

Qu'est-ce que la santé ?

« La santé est un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité », selon la définition de l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.)

Les services fournis par une formation sanitaire nécessitent : des ressources humaines, des structures physiques et administratives, des médicaments, du matériel médical et de l'énergie pour faire fonctionner l'ensemble.



Intervention chirurgicale : Césarienne

Intervention réalisée avec un spot halogène de 20 W et une lampe de 8W fluorescente alimenté par un système photovoltaïque, Hôpital de Oicha, RDC

Photo : J.P. Louineau

7

SOMMAIRE

- L'énergie et la santé **P.1**
- Les besoins, les solutions traditionnelles, leurs limites **P.3**
- Répartition des besoins entre Centre de Santé et Hôpital Rural **P.11**
- Les améliorations possibles **P.12**
- Exemples de systèmes à énergies renouvelables particulièrement bien adaptés aux structures de santé **P.15**
- Références bibliographiques **P.16**

Qu'est-ce que l'énergie ?

« L'énergie est la cause de toute évolution ou transformation. La lumière du soleil est une énergie : elle réchauffe la terre et la mer. L'énergie sert à pomper, chauffer ou purifier l'eau... »

Interaction entre énergie et santé

Les structures de santé sont de plus en plus nombreuses dans les pays en développement, mais elles sont souvent sous utilisées. Leur « sous-utilisation » est due à 4 facteurs principaux :

- 1 • l'accessibilité des services : géographique, financière et culturelle,
- 2 • la qualité des services : compétence du personnel, organisation,
- 3 • l'approvisionnement en médicaments essentiels,
- 4 • les facteurs sociaux des utilisateurs : niveau d'instruction, niveau économique, etc.

L'énergie interagit avec ces différents facteurs. En effet, sa disponibilité permet d'assurer la qualité des soins. Par exemple, la chaîne du froid du Programme Elargi de Vaccination (PEV) ne fonctionnerait pas sans elle. Sans un peu d'électricité pour un éclairage de qualité, il est risqué de conduire un accouchement par césarienne. L'énergie joue sur la qualité des services à différents niveaux en améliorant les conditions d'accueil (ex. éclairage des salles post-natales). Elle a un effet positif sur le taux d'occupation et donc sur la viabilité économique du système de santé.

Toutes les formations sanitaires ont besoin d'énergie pour être opérationnelles et efficaces.

La structure idéale de santé

Une structure de santé idéale devrait avoir la capacité d'assurer :

	OBSERVATIONS	BESOIN EN ENERGIE ?
> Soins médicaux	préventifs et curatifs (avec du personnel qualifié et un approvisionnement assuré en médicaments essentiels)	OUI
> Eau	potable, et/ou distillée, et/ou froide ou chaude	OUI
> Nourriture	saine, crue ou cuite	OUI
> Confort	lumière, chaleur ou rafraîchissement selon le climat, propreté du milieu	OUI
> Communication Transport	avec et pour le malade, avec l'extérieur (entre formations sanitaires), accès à la structure (routes)	OUI

2]

En zone urbaine, les structures sanitaires peuvent assurer les services ci-dessus. Elles bénéficient souvent des ressources humaines nécessaires, des infrastructures de la ville : l'eau courante et l'électricité du réseau.

En zone rurale, la situation est bien différente. Les problèmes de ressources humaines, d'accès aux médicaments, à l'énergie sont très fréquents. En réalité, peu de formations sanitaires réunissent les conditions de la « structure idéale de santé », alors qu'elles desservent les 2/5 de la population mondiale. Elles se débattent au quotidien pour fonctionner avec des solutions plus ou moins adéquates, leurs moyens humains, techniques et financiers étant limités.

On s'attachera donc principalement dans cette fiche à la problématique en zone rurale ou zone semi-urbaine non raccordée au réseau électrique ou au réseau d'eau potable.

Réfrigérateur photovoltaïque pour la conservation des vaccins
Réfrigérateur installé en 92, Hôpital de Oicha, RDC



Photo : J.P. Louineau (1996)



Les solutions traditionnelles, les plus utilisées dans les structures de santé pour satisfaire leurs besoins énergétiques, découlent de leurs activités quotidiennes (et les techniques associées) et de leur environnement immédiat.

Il est nécessaire, bien entendu, de se placer dans le contexte des pays en développement où la plupart des structures de santé sont des lieux familiaux. Un malade n'est jamais seul, sa famille est là. Elle l'accompagne dans sa souffrance, le réconforte et le nourrit. La famille vit dans la structure de santé ou à la périphérie. Elle est à la fois un appui indispensable et une charge pour cette structure.

L'eau : approvisionnement, traitement, chauffage

L'eau, c'est la vie. Sans eau, peut-on parler de soigner pour retrouver la vie ?

L'administration de médicaments peut s'avérer inutile si l'eau de la structure de santé est non potable et alors porteuse de maladies. C'est peut être une évidence, mais des dizaines de milliers de structures sanitaires ne disposent pas d'eau, ni en quantité, ni en qualité suffisante alors qu'elles sont équipées d'appareils médicaux performants.

Dans bien des cas, le manque d'eau potable est lié au manque d'énergie. La source d'eau est souterraine, il faut donc la puiser. Elle est éloignée de la structure, il faut aller la chercher. L'eau est disponible mais polluée, il faut donc la traiter.

Les soins ou la toilette des malades peuvent nécessiter de l'eau chaude, mais ce besoin n'est pas prioritaire (Il faut de l'eau, avant de pouvoir la chauffer...). En outre, les besoins en chauffage de l'eau sont réduits car dans de nombreux pays africains ou asiatiques, l'eau froide est « tiède » compte tenu des températures ambiantes élevées. Toutefois, à partir d'une altitude de 1 500 mètres en zone équatoriale (ex : l'est de la République du Congo), il est quasi indispensable de « tiédir » l'eau avant de l'utiliser.

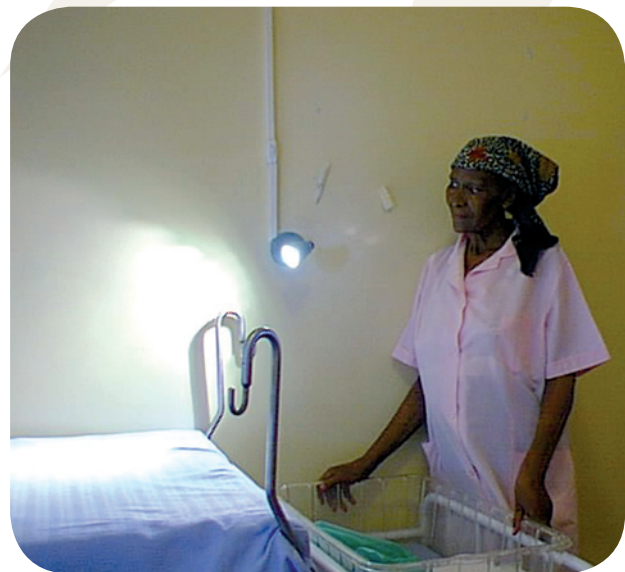


Photo : J.P. Louineau (2004)

Eclairage concentré
Centre de santé, Botswana.

BESOINS	QUELQUES INFORMATIONS UTILES	SOLUTIONS TRADITIONNELLES LES PLUS UTILISÉES ACTUELLEMENT
Approvisionnement en eau pour les malades, leurs familles, le personnel médical	20 litres minimum / jour / personne (pour boire, se laver, cuisiner, et lessiver) (de 0 à 0,1 kWh / litre)	adduction gravitaire, pompage manuel, collecte d'eau de pluie, motopompe diesel
Traitement de l'eau pour l'eau de boisson en priorité	<ul style="list-style-type: none"> • ébullition de l'eau pendant 20 mn environ (2,5 kWh / 20 litres) • sans ou en complément de l'ébullition 	<ul style="list-style-type: none"> • ébullition au bois de feu ou charbon de bois, ou traitement avec comprimés chimiques • filtre à eau à cartouche
Eau chaude toilette et soins des malades, nouveau-nés, lessive	température 37 à 65 °C (1 kWh / 20 litres d'eau chauffée de 20 à 60 °C)	chaleur ambiante, chauffage au bois ou charbon de bois

Les limites des solutions traditionnelles :

- Le système d'adduction gravitaire est idéal sur de nombreux plans, mais nécessite une source d'eau en altitude et proche (et des infrastructures de génie civil).
- Le pompage manuel de l'eau est limité en débit et peut s'avérer insuffisant.
- La collecte des eaux de pluie procure une quantité limitée par la pluviométrie du site et la surface de toiture. La qualité de l'eau est à contrôler souvent.
- Les motopompes diesel ont une faible fiabilité et durée de vie. Elles nécessitent du carburant, pas toujours à la portée géographique ou financière de la structure.

La nourriture : cuisson des aliments

« Un malade bien nourri est un malade guéri ». Cette maxime se vérifie souvent : de nombreux malades arrivent dans les structures en état de malnutrition, qu'il faut combattre pour augmenter les chances de guérison.

La nourriture n'est fournie par la structure de santé que dans les cas particuliers où le malade est seul, ou bien s'il existe une activité nutritionnelle. En effet, la fourniture des aliments et l'énergie pour leur cuisson sont assurées par la famille du malade dans la plupart des cas.

Dans les structures de santé, ou à proximité dans les coins « familles accompagnatrices », la cuisson des aliments se fait au bois de feu, dans la majorité des cas, c'est-à-dire comme au village.

BESOINS	INFORMATIONS ÉNERGÉTIQUES UTILES	SOLUTIONS TRADITIONNELLES LES PLUS UTILISÉES ACTUELLEMENT
Cuisson des aliments pour les malades, les activités nutritionnelles, les familles des malades et le personnel de la structure	0,5 à 1 kg de bois / jour / personne (soit 1 à 4 kWh / jour / personne)	Foyer trois pierres ou foyers améliorés brûlant du bois de feu ou du charbon de bois, réchaud à gaz ou à pétrole

4]



Attente des soins
Centre de santé Fingolo Ganadougou,
Mali.



Photo : J.P. Louineau (2007)

Les limites des solutions traditionnelles :

- Elles utilisent le bois collecté au plus proche, d'où une désertification progressive autour de la structure : plus d'ombrage, plus de rétention des eaux de pluie.
- La combustion du bois ou du charbon de bois dans des locaux peu ventilés est un risque sanitaire (intoxication, goudron des fumées, etc.).

Le confort : chauffage / ventilation

La structure de santé doit offrir un minimum de confort. En effet, il est difficile de soigner ou d'attirer les malades si le confort est inexistant. De nombreux centres de santé sont construits avec une toiture en tôle, sans plafond, ni ouvertures suffisantes ou mal placées. Ils se transforment en four le jour et en glacière la nuit. Il existe toutefois des structures mieux conçues offrant un confort thermique acceptable, grâce à une conception bioclimatique.

Le complément de confort thermique des malades est souvent assuré par eux-mêmes, par exemple, en se couvrant ou non avec des couvertures, etc. La famille est présente sur place pour rafraîchir le malade avec de l'eau ou à l'aide d'éventails.

BESOINS	DESCRIPTION	SOLUTIONS TRADITIONNELLES LES PLUS UTILISÉES ACTUELLEMENT
Chauffage / Ventilation bloc opératoire, salle d'accouchement, maternité, salle de repos, salle de convalescence, bureau, etc.	ventilation dans tous les cas	protection solaire, orientation et situation du bâtiment, ventilateurs / brasseurs d'air
	chauffage / rafraîchissement : besoins très variables suivant le climat et la conception architecturale des bâtiments (de 0,5 à 1 kWh / jour / m ³ de volume de structure)	couvertures, vêtements, cheminées au bois

Les limites des solutions traditionnelles :

- Pour compenser les erreurs de conception architecturale, la climatisation avec des groupes frigorifiques est quelques fois utilisées dans les climats très chauds (ex. Djibouti), ou bien, le chauffage est installé dans les climats froids. Toutefois, ces techniques « traditionnelles » sont hors de portée économique de la plupart des zones rurales.

LA LUMIÈRE : L'ÉCLAIRAGE

La structure de santé : une lumière dans la nuit

Une structure de santé fonctionne le jour comme la nuit, d'où l'importance des besoins en éclairage. Les malades cherchent à avoir un peu de lumière la nuit ; la maman pour son nouveau-né ; le médecin en cas d'urgence ; l'infirmier de garde pour ses rondes nocturnes. La nuit, on assiste à un ballet silencieux de lampes à pétrole.

L'éclairage naturel ou artificiel des blocs opératoires et des salles d'accouchement permet de réaliser, dans de bonnes conditions, les interventions de type : césarienne, curetage, épisiotomie, etc., limitant les accidents mettant en danger les femmes et nouveau-nés.

L'éclairage, tout comme le confort thermique, joue sur la qualité des services offerts et améliore l'utilisation des services de santé. La compétence, la motivation et les conditions de travail du personnel médical sont indirectement améliorées s'il dispose de logements avec un bon éclairage. Le personnel médical a alors un confort voisin de la ville où il pourrait très bien exercer avec une meilleure rémunération.

« Dans plusieurs villages isolés des pays en développement, les accouchements se font dans des conditions d'éclairage médiocres et à l'aide d'instruments mal ou non stérilisés. Ce qui cause, entre autres, un taux de mortalité incroyablement élevé chez les jeunes accouchées et les nourrissons. »

Extrait du discours du Dr Hiroshi Nakajima, Directeur Général, OMS, 16-17 septembre 1996, Solar Summit, Harare, Zimbabwe (Traduction GERES).

Médecin au travail avec patiente et enfant. Le quotidien du médecin : visite post-natale, Centre de santé Fingolo Ganadougou, Mali.



Photo : J.P. Louineau (2007)

BESOINS	INFORMATIONS TECHNIQUES UTILES	SOLUTIONS TRADITIONNELLES LES PLUS UTILISÉES ACTUELLEMENT
Lumière concentrée pour bloc opératoire, salle d'accouchement, salle de soins et d'examens	éclairage d'un cercle de 50 cm avec éclairement minimum de 700 lux à 1m (0,02 à 0,1 kWh / intervention)	lumière du jour, torche à lampe incandescente ou à diode électroluminescente (DEL), ampoule de 100 W connectée à un groupe électrogène, phare de voiture 12 V connecté à une batterie
Lumière d'ambiance pour salle d'hospitalisation, espace de circulation, bureau, logement de médecins et cadres ruraux	niveau d'éclairement très faible : quelques « lux » peuvent suffire (ex : 1 tube fluorescent de 8 W pour 50 m ² au sol ou lampe à DEL de 1 à 3 W)	lumière du jour, bougie, lampe à huile ou à pétrole, lampe à gaz, ampoules électriques avec groupe électrogène, système photovoltaïque
Lumière portable pour la circulation, pour les gestes techniques (examens, injections)	0,025 kWh jour / lampe, durée d'utilisation : 3 à 5 heures / nuit	lampe à pétrole, lampe à gaz, bougie, torche à DEL

Les limites des solutions traditionnelles :

- Les systèmes d'éclairage (à pétrole, à gaz, bougie) ne coûtent pas cher à l'investissement, mais ont des coûts d'utilisation élevés. Ils dégagent tous de la fumée salissante et polluante et comportent des risques de brûlures. Ils ne permettent pas un éclairage concentré.
- Les systèmes d'éclairage électrique donnent plus de lumière, concentrée au besoin. Ils sont propres et plus économiques sauf dans le cas des lampes-torches à ampoules à incandescence alimentées avec des piles non rechargeables.

6]

LES SOINS MÉDICAUX

Afin de pouvoir dispenser des soins de qualité, une structure de santé nécessite un certain nombre d'appareils médicaux consommant des quantités variables d'énergie.

Les appareils (stérilisateurs, distillateurs) sont gourmands en énergie, mais peuvent se contenter de sources de chaleur, comme le bois ou le pétrole. En revanche, les appareils médicaux d'intervention consomment peu d'énergie, mais requièrent exclusivement de l'électricité.



Photo : J.P. Louineau (2003)

Nouveau né dans une maternité avec système solaire

suite à accouchement dans un centre de santé à Madagascar.

BESOINS	INFORMATIONS ÉNERGÉTIQUES UTILES	SOLUTIONS TRADITIONNELLES LES PLUS UTILISÉES ACTUELLEMENT
Appareils médicaux aspirateur chirurgical, bistouri électrique, chirurgie dentaire, radiographie	(0,1 à 0,5 kWh par intervention)	système à pied ou électrique pour l'aspirateur et chirurgie dentaire, sinon systèmes électriques alimentés groupe électrogène
Stérilisation pour matériel d'injection, instruments chirurgicaux, gynécologiques et dentaires	<ul style="list-style-type: none"> • stérilisation à vapeur (120°C pendant 30 mn – 0,5 kWh par opération) • stérilisation sèche (180 °C pendant 2 heures – 0,5 à 1 kWh par opération) 	<ul style="list-style-type: none"> • « cuiseur à pression » de 5 à 10 litres chauffé au bois, charbon de bois ou réchaud à pétrole lampant. • Poupinel : « mini-four » chauffé à l'électricité et quelquefois avec un réchaud à pétrole lampant
Stérilisation pour blouses, linges de bloc opératoires, compresses	stérilisation à la vapeur (1 à 3 kWh par kg de linge)	autoclave de 50 litres et plus, chauffé au bois ou au pétrole lampant
Lingerie « stérilisation » : repassage au fer chaud pour vêtements de bloc opératoire	1 kWh pour une heure	fer à repasser à braises de bois ou de charbon de bois

Les limites des solutions traditionnelles :

- Elles sont voisines de celles utilisées pour le chauffage, la ventilation ou la cuisson des aliments (voir pages précédentes).

La réfrigération des vaccins et autres produits

Le Programme Elargi de Vaccination (PEV) permet la vaccination de centaines de millions d'enfants jusque dans les zones rurales, chaque année. Les principaux vaccins du PEV protègent contre la tuberculose, la diphtérie, le tétanos, la coqueluche, la polio et la rougeole. Substances biologiques, ils perdent leur pouvoir d'immunisation s'ils n'ont pas été bien conservés au froid (0 à 8°C en général) depuis leur fabrication jusqu'au lieu d'injection. C'est ce qu'on appelle assurer la « chaîne du froid », une des conditions indispensables de la réussite du PEV.

Il est également crucial de produire du froid pour la conservation du sang (banque de sang, programme SIDA) et produits dérivés au niveau des hôpitaux.

De même, certains réactifs de laboratoire et médicaments tels que l'insuline doivent aussi être conservés au froid.

Réfrigérateur photovoltaïque pour la conservation des vaccins
RDC.



Photo : J.P. Louineau (1994)

BESOINS	INFORMATIONS ÉNERGÉTIQUES UTILES	SOLUTIONS TRADITIONNELLES LES PLUS UTILISÉES ACTUELLEMENT
Réfrigération Vaccins et produits associés (diluants)	température de stockage : 0-8°C, nécessité de produire des accumulateurs de froid (0,2 à 0,5 kWh / jour pour 50 litres de stockage)	réfrigérateur à absorption à pétrole, gaz, réfrigérateur électrique et solaire (photovoltaïque)
Réfrigération banque de sang, plasma, sérum, médicaments et réactifs de laboratoire	0,2 à 0,5 kWh / jour pour 50 litres de stockage à 0-8 °C	Réfrigérateur à absorption à pétrole, gaz, réfrigérateur électrique

Les limites des solutions traditionnelles :

- Réfrigérateurs à absorption : régulation approximative de la température, mauvais rendement énergétique (ex. 1 litre de pétrole par jour), fort dégagement de fumée, nécessité d'un carburant de bonne qualité, cher et pas toujours disponible.
- Réfrigérateurs électriques : bonne régulation en température, bon rendement énergétique, mais requiert de l'électricité au moins 6 à 8 heures par jour.

Besoins en laboratoire

Au niveau du centre de santé, les activités de laboratoire sont cruciales pour la confirmation du diagnostic du paludisme et de certaines maladies diarrhéiques. Le microscope est l'équipement de base, nécessitant un éclairage naturel ou artificiel.

Au niveau des hôpitaux, avec des activités de pédiatrie par exemple, les analyses requièrent du matériel plus sophistiqué et consommant en général des quantités non négligeables d'électricité (ex. incubateurs).

8]

BESOINS	DESCRIPTION / REMARQUES	SOLUTIONS TRADITIONNELLES LES PLUS UTILISÉES ACTUELLEMENT
Appareils de laboratoire pour la recherche des virus et bactéries	<ul style="list-style-type: none"> • microscope (0 à 50 W) • centrifugeuse (0 à 200 W) • spectromètre (10 à 300 W) 	<ul style="list-style-type: none"> • lumière du jour ou électrique • manuelle ou électrique • alimenté par groupe électrogène
Préparation des analyses	<ul style="list-style-type: none"> • incubateur (1 000 à 2 000 W) pour maintenir 37 à 55 °C pendant au moins 24 heures 	<ul style="list-style-type: none"> • alimenté par groupe électrogène
Production d'eau distillée	<ul style="list-style-type: none"> • distillateur (1 000 à 5 000 W) 	<ul style="list-style-type: none"> • réchaud à pétrole, bois de chauffage ou résistance électrique alimenté par groupe électrogène

Les limites des solutions traditionnelles :

- La plupart des équipements de laboratoire sont conçus dans les pays industrialisés. Ils ne sont pas souvent économes en énergie et ne supportent pas les coupures de courant.

COMMUNICATION, GESTION, TRANSPORT

Une structure sanitaire seule n'existe pas. Elle fait partie d'un système de santé avec lequel elle doit communiquer rapidement et efficacement.

Elle doit pouvoir passer des commandes de médicaments et de matériel médical. Elle doit transmettre des informations avec les autorités médicales (ex. signaler un début d'épidémie). Le courrier est toujours un des moyens de communication, mais il est relayé de manière bien plus efficace par les radiocommunications (HF et VHF) et de plus en plus par la téléphonie cellulaire. Ces moyens de communication permettent de gagner du temps et sont économiques en coûts de fonctionnement, en particulier les systèmes radios HF ou VHF.

Puisque l'autofinancement des services de santé est une réalité dans de nombreux pays, ceci nécessite une gestion rigoureuse et contrôlable. Ce sont, en général, les hôpitaux qui centralisent les informations d'un ou plusieurs districts et planifient les activités. La gestion

est facilitée par les outils informatiques qui font leur entrée depuis quelques années en zone rurale. La gestion, c'est aussi l'entretien des équipements nécessitant de l'outillage et des instruments de mesures. Ces derniers sont peu gourmands en énergie, mais ne fonctionneraient pas sans elle.

L'image de l'infirmier en vélo, partant pour une séance de vaccination, illustre bien les besoins en transport. Il faut également déplacer les malades depuis le centre de santé vers l'hôpital, acheminer les médicaments, etc.

Transport de vaccins par vélos

Depuis l'Hôpital de Kayna vers un centre de santé pour la vaccination le jour même, Kayna, RDC



Photo : J.P. Louineau REMISES (1995)

BESOINS	INFORMATIONS ÉNERGÉTIQUES UTILES	SOLUTIONS TRADITIONNELLES LES PLUS UTILISÉES ACTUELLEMENT
Radiocommunication pour les commandes médicales et logistiques, diagnostic et conseil médical à distance	<ul style="list-style-type: none"> ondes VHF jusqu'à 100 km ondes HF jusqu'à 1000 km de distance et plus (0,1 à 0,3 kWh / jour) téléphonie cellulaire (5 à 30 Wh / jour) 	<ul style="list-style-type: none"> poste émetteur/récepteur sur batterie 12 V rechargée avec panneau solaire ou groupe électrogène chargeur de téléphone portable 12 V (sur batterie et / ou petit panneau solaire)
Audiovisuel pour la formation, l'information et loisirs	0,02 à 0,4 kWh / jour	télévision, radio, radiocassette sur batterie 12 V ou groupe électrogène
Bureautique pour gestion administrative et médicale (ex. suivi épidémiologique)	0,1 à 0,5 kWh / jour	ordinateur, imprimante sur batterie rechargée par système solaire ou groupe électrogène
Transport des malades, du personnel médical, approvisionnements en médicaments, etc.	(extrêmement variable)	marche à pied, vélo, moto, voiture, etc.
Outillage pour la maintenance des équipements	multimètre (quelques Wh), perceuse	pile, accumulateur rechargeable groupe électrogène

Les limites des solutions traditionnelles :

Les limites des solutions traditionnelles sont à analyser dans la perspective de fourniture des besoins en énergie dans les meilleures conditions possibles : techniques, économiques, sociales, environnementales, et à la lumière de la définition des SSP concernant l'utilisation des technologies appropriées et l'accès à la santé à un coût supportable par les populations.

- Elles requièrent presque toutes un investissement relativement faible, mais ont des coûts récurrents élevés.

Une lampe à pétrole, peu chère à l'achat, produit de la lumière à un coût 10 fois plus élevé qu'une lampe solaire.

- Elles font appel dans une large proportion aux énergies fossiles (pétrole pour les lampes, diesel pour les groupes électrogènes, etc.), dont la pérennité des ressources est illusoire, sans mentionner leurs coûts de plus en plus inabornables.

- Elles posent un problème de destruction de l'environnement si les ressources environnantes sont insuffisantes et non renouvelées (ex. bois de feu).

- Sur le plan technique, elles ne donnent pas entière satisfaction : maintien approximatif de la température avec les réfrigérateurs à pétrole, éclairage insuffisant de la lampe à pétrole.

- La maintenance des équipements est négligée ou impossible vu la vétusté et le manque de pièces de rechange.

- L'usage de l'électricité est relativement rare, pourtant, il s'agit bien du vecteur énergétique le mieux approprié pour de nombreux besoins.

- L'inadéquation entre la production d'énergie et son utilisation conduit à des gaspillages considérables d'énergie. Il est fréquent de démarrer un groupe électrogène de quelques kilowatts pour alimenter un bloc opératoire qui a seulement besoin de quelques watts.

- Finalement, les solutions traditionnelles ne sont utilisées que si la formation sanitaire a les moyens financiers nécessaires pour assurer les charges de fonctionnement. Ce qui est loin d'être le cas général dans la pratique.



Répartition des besoins entre Centre de Santé¹ et Hôpital Rural²

Les hôpitaux, menant des activités plus diverses et plus techniques, requièrent davantage d'énergie qu'un centre de santé.

Le tableau ci-dessous donne à titre indicatif l'importance qualitative des besoins énergétiques suivant le type de formation sanitaire.

TYPE DE BESOINS EN ÉNERGIE	ACUITÉ DES BESOINS À L'HÔPITAL	ACUITÉ DES BESOINS EN CENTRE DE SANTÉ
Approvisionnement et traitement eau	XXXX	XXXX
Réfrigération vaccins et autres produits	XXXX	XX
Cuisson des aliments	XXXX	XXXX
Stérilisation des équipements médicaux	XXXX	XX
Outillage de maintenance	XXXX	X
Stérilisation et lingerie	XXXX	X
Radiocommunication (HF, VHF, etc.)	XXX	X
Eau chaude	XX	X
Confort : chauffage, rafraîchissement, ventilation	XXX	XX
Eclairage : ambiance, concentré, portable	XXXX	XX
Appareils médicaux et de laboratoires	XXX	X
Audiovisuel	X	
Bureautique	XX	

[11

Définition des besoins en énergie avec le médecin

Discussion entre techniciens solaires et le médecin pour définir les besoins prioritaires en énergie, Centre de santé Fingolo Ganadougou, Mali.



Photo : J.P. Louineau (2007)

1 : Au moins 5 lits

2 : Au moins 50 lits, bloc opératoire et maternité

Les améliorations possibles

Les technologies existent pour améliorer la situation de la fourniture en énergie des structures sanitaires. Elles ne sont pourtant pas suffisamment diffusées. Il est donc nécessaire d'agir à **plusieurs niveaux** pour assurer leur diffusion à grand échelle :

Au niveau institutionnel

Il faut s'assurer que les considérations énergétiques soient incluses dans la planification et la gestion quotidienne, au même titre que la mise à disponibilité des médicaments essentiels et du personnel :

1• Au niveau des institutions chargées de la santé publique :

- renforcer les services logistiques (ressources humaines et techniques) pour régler les questions énergétiques.
- adopter une approche intégrée et concertée avec les autres institutions (ex : amener l'eau potable au centre de santé, et également l'eau à la population environnante, sinon à quoi bon !).

Au niveau technique

Il est suggéré de suivre les 5 étapes suivantes :

1• Sobriété :

- réduction des consommations énergétiques pour un service égal sinon meilleur.
- analyse de la situation énergétique (diagnostics énergétiques).
- conception architecturale bioclimatique des structures (ex. permettant l'éclairage naturel plutôt que l'éclairage électrique, minimisant les besoins en chauffage ou en rafraîchissement).

2• Efficacité :

- choix d'appareils performants (ex. éclairage fluorescent au lieu d'incandescent, foyers améliorés, cuisine collective pour les malades ou groupes de malades).

2• Au niveau des structures de santé :

- sensibiliser les cadres dirigeants à l'utilisation rationnelle de l'énergie.
- employer des techniciens « énergie » (de la même manière qu'il y a un technicien « eau et assainissement » attaché à la structure).
- faire bénéficier le personnel médical d'un confort minimum (ex. systèmes solaires d'éclairage pour les logements).

- réhabilitation de systèmes de production d'énergie gaspillant l'énergie (ex. remplacement d'un ancien groupe électrogène surpuissant par un modèle plus économe).

3• Utilisation des énergies renouvelables :

- solaire photovoltaïque, thermique, architecture bioclimatique, etc.

4. Formation à la bonne utilisation des systèmes (formation du personnel et des malades).

5. Mise en place de programmes d'entretien et maintenance :

- entretien des systèmes (ex. dépoussiérage des luminaires, étanchéité des réseaux de distribution d'eau).

12]

Infirmière au travail
Salle d'attente et de tri des malades,
Hôpital de Musienene, RDC.



Photo : J.P. Louineau / REMSES (1995)

LES SYSTÈMES À ÉNERGIES RENOUVELABLES

Les systèmes utilisant les énergies renouvelables sont déjà utilisés dans le domaine de la santé, mais insuffisamment.

Ils se comptent déjà toutefois par centaines de milliers et leur nombre est en constante et forte progression.

Il s'agit en particulier :

- de dizaines de milliers de systèmes d'éclairage photovoltaïques,
- de plus de 5 000 réfrigérateurs solaires,
- de milliers de chauffe-eaux solaires,
- de dizaines de milliers de systèmes photovoltaïques pour la radiocommunication,
- de bâtiments de conception bioclimatique,
- etc.

Certains systèmes peuvent être classés désormais « solutions traditionnelles » : les foyers améliorés ou les systèmes d'éclairage photovoltaïques !

Voici un tableau qui résume les principales caractéristiques des systèmes utilisant les Energies Renouvelables :

AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
<ul style="list-style-type: none">• utilisent une énergie gratuite et renouvelable toujours disponible en zone rurale (soleil, vent, chutes d'eau, selon les cas)• peuvent produire de la chaleur, de la force mécanique ou de l'électricité• pas de pollution, ni de bruit• technologies bien maîtrisées, simples et appropriables• maintenance réduite, mais indispensable• modularité des systèmes, ne nécessite pas d'infrastructures lourdes• rapidité de mise en place	<ul style="list-style-type: none">• nécessitent souvent un coût d'investissement élevé pour capter l'énergie (et la stocker)• production d'énergie intermittente, d'où nécessité souvent d'un stockage d'énergie• nécessitent un niveau technique pas forcément disponible sur le terrain d'utilisation (conception, installation, maintenance)• nécessité de former les usagers pour garantir les performances et la pérennité des installations• le choix d'une solution dépend souvent du site (le « copier / coller » est rarement efficace)

Il est illusoire de vouloir traiter en détail l'ensemble des applications des énergies renouvelables. Il faut retenir qu'il existe une solution « énergies renouvelables » à la plupart des besoins, en particulier lorsque les structures sont de petite taille, ce qui est souvent le cas en zone rurale.

Les énergies renouvelables sont les différentes formes d'énergies issues du soleil : les rayons solaires, le vent, l'énergie potentielle de l'eau et la biomasse. Elles sont réparties sur toute la surface de la terre. Elles n'émettent pas de gaz à effet de serre. Les systèmes utilisant les énergies renouvelables sont utilisés depuis des millénaires sous forme de bois de feu, puis l'homme a exploité la force du vent et celle des chutes d'eau. Ils sont devenus très performants ces dernières années. Ils permettent de produire de l'énergie dans des conditions techniques, économiques et écologiques durables.

Un système utilisant les énergies renouvelables, seul ou en combinaison avec d'autres solutions énergétiques (ex. solaire + diesel) peut être choisi suivant les critères définis plus loin dans cette fiche. Le tableau page suivante donne un éventail des solutions possibles.

Photo : J.P. Louineau (2003)



Panneau photovoltaïque 320 Wc pour
Panneau PV pour une structure de santé,
Madagascar

QUELQUES SOLUTIONS « ENERGIES RENOUVELABLES »

TYPES DE BESOINS EN ÉNERGIE	QUELQUES SOLUTIONS ÉNERGIES RENOUVELABLES
Approvisionnement et traitement de l'eau	Pompage photovoltaïque, éolienne de pompage, aérogénérateur de pompage
Eau chaude	Chauffe-eau solaire, à biogaz, électrique si alimenté par centrale hydraulique ou aérogénérateur, etc.
Cuisson des aliments	Foyer amélioré, digesteur biogaz, cuiseur solaire, micro-centrale hydraulique
Réfrigération à vaccins et autres produits	Réfrigérateur photovoltaïque ou thermique solaire
Stérilisation	stérilisateur à vapeur solaire, micro-centrale hydraulique
Confort : chauffage, ventilation	Architecture bioclimatique, ventilateur alimenté par panneau photovoltaïque
Eclairage : ambiance, concentré, portable	Système photovoltaïque, éclairage électrique avec micro-centrale électrique, aérogénérateur
Appareils médicaux et de laboratoire	
Radiocommunication	
Audiovisuel	
Bureautique	

LES CRITÈRES DE CHOIX DES SOLUTIONS ÉNERGÉTIQUES

Une technique adaptée au milieu est la meilleure, mais elle ne peut être la panacée.

Les critères de choix sont différents selon les deux cas suivants : 1) situation d'urgence et 2) programme de développement. Dans le premier cas, les critères se résument en un : « obligation de fonctionnement immédiat pour une durée de temps réduite avec des coûts maîtrisés, même si élevés ». Dans ce cas, la place laissée aux énergies renouvelables est réduite (en général, le photovoltaïque, seul, y trouve sa place pour l'éclairage et les radiocommunications). Par contre, dans le cas d'un programme de développement, les systèmes à énergies renouvelables sont largement utilisés. Les critères sont alors plus nombreux et subtils afin de rechercher les conditions de pérennité de leur utilisation. En voici une liste non exhaustive :

Critères techniques

- Type de besoins : besoins en lumière, en chaleur, etc.
- Type de ressources énergétiques disponibles (gisement solaire et biomasse, non raccordement au réseau électrique, etc.)
- Concentration et nombre de sites dans un périmètre restreint permettant de faciliter :
 - la formation des responsables
 - le service d'entretien et de maintenance
 - le retour d'expérience

- Système éprouvé avec de nombreuses références
- Système inoffensif pour l'environnement
- Durée de vie de au moins 5 à 10 ans
- Réseau de fournisseurs fiables, avec réseau de distributeurs locaux existants
- Possibilité de diffusion des systèmes pour d'autres usages que la santé (ex : systèmes solaires d'éclairage pour les écoles, les habitations privées, etc.).

Critères sociaux

- Niveau de compétence technique et de gestion requis et disponible dans la région à tous les niveaux d'intervention du système de santé
- Structure d'organisation / gestion du système et des structures de santé
- Représentation / implication de la population au niveau de la structure de santé

Critères économiques

- Coût récurrent abordable par les utilisateurs (les malades, la collectivité, l'état) et les éventuels bailleurs de fonds
- Coût global (investissement, coûts récurrents, bénéfices environnementaux) à comparer avec les coûts des techniques énergétiques traditionnelles (éclairage par lampe à pétrole, bois de feu, etc.).

Chauffe-eau solaire et système de récupération eau de pluie
Structure de santé avec solaire thermique et photovoltaïque et récupération de l'eau de pluie, Ouganda



Photo : J.P. Louineau (1999)



Exemples de systèmes à énergies renouvelables particulièrement bien adaptés aux structures de santé

Au niveau institutionnel

PETIT SYSTÈME D'ÉCLAIRAGE PHOTOVOLTAÏQUE

Il se compose d'un panneau solaire photovoltaïque (50 à 200 Wc), d'une batterie, d'un régulateur, 3 à 6 lampes 8 ou 13 W, lampes à LED 1 à 3 W, un spot halogène 20 / 40 W et accessoires (interrupteurs, câbles, etc.). Le système fonctionne en basse tension (12 ou 24 V).

Performance : 3 à 4 heures de lumière par jour, y compris une lumière technique pour les accouchements (césariennes, etc). Choix de lampes à haut rendement lumineux.

Coût du matériel : 750 à 1800 €.

Remarques : Pour un petit hôpital, on peut installer un système de cette taille pour chaque bâtiment. La viabilité des systèmes s'améliore avec la concentration géographique des systèmes, car ceci permet la mise en place de programme de maintenance économiquement viable.

Expériences : système introduit par les missionnaires à la fin des années 70 dans toute l'Afrique.

Des centaines de milliers de systèmes sont installés en Afrique du Sud, Kenya, Madagascar, Maroc, Sénégal, République Démocratique du Congo, Zimbabwe, etc.

RÉFRIGÉRATEUR PHOTOVOLTAÏQUE



Photo : J.P. Louineau (2004)

Formation des usagers à l'utilisation d'un réfrigérateur solaire

La formation des usagers au respect des consignes d'utilisation et à la maintenance des systèmes énergétiques est indispensable, RDC.

GÉNÉRATEUR ÉLECTRIQUE PHOTOVOLTAÏQUE

Il se compose d'un panneau solaire photovoltaïque (300 à 1000 Wc), régulateur, onduleur (400 à 1 500 Wc), parc de batteries et accessoires (interrupteurs, câbles, etc.).

Performance : permet d'alimenter une structure sanitaire (petit hôpital) en 220 V CA pour l'éclairage, les radiocommunications, le réfrigérateur à vaccins, les instruments chirurgicaux, vidéo et les logements du personnel.

Coût du matériel : 5 000 à 15 000 \$US.

Il se compose d'un panneau solaire photovoltaïque (150 à 250 Wc), d'une batterie, d'un régulateur, d'un

cabinet réfrigérateur à compression et accessoires (câbles, thermomètre, etc.).

Performance : Il se compose d'un panneau solaire photovoltaïque (150 à 250 Wc), d'une batterie, d'un régulateur, d'un cabinet réfrigérateur à compression et accessoires (câbles, thermomètre, etc.).

Coût du matériel : 3500 à 10 000 € (volume 50 à 100 litres environ).

Remarques : Les réfrigérateurs agréés par l'OMS sont deux à trois fois plus chers que d'autres réfrigérateurs photovoltaïques, certains pourtant de très bonne qualité.

Expériences : Systèmes particulièrement fiables et de plus, réparables par les frigoristes locaux si formés (cas de la République Démocratique du Congo, Nord-Kivu). La viabilité des systèmes s'améliore avec la concentration géographique des systèmes.

Remarques : on peut combiner ce type de système avec un groupe électrogène et des petits systèmes photovoltaïques, par exemple, pour les logements éloignés de la structure sanitaire. Bien que le système fonctionne en 220 V, tous les appareils électriques sont très performants sur le plan énergétique (ex. aucune lampe à incandescence n'est permise).

Expériences : Systèmes installés à Madagascar, Ouganda, Afrique du Sud, etc.

QUELQUES DÉFINITIONS UTILES

Aérogénérateur : « moulin à vent » des temps modernes produisant directement de l'électricité.

Bioclimatique : conception architecturale des bâtiments qui permet de maximiser les effets positifs du climat et de réduire ses effets négatifs pour le confort des malades.

Biogaz : gaz combustible produit à partir de la digestion anaérobie de déchets organiques.

DEL : diode électroluminescente donnant une lumière blanche et froide. Système consommant moins d'énergie que les lampes à ampoule à incandescence (LED en anglais).

kWh : unité de mesure de l'énergie (un feu moyen de gazinière consomme en une heure une énergie de 1 kWh ; le soleil vers midi fournit

1 kW sur une surface de 1 m² pendant une heure, totalisant une énergie de 1 kWh).

lux : unité de mesure d'éclairement (25 lux suffisent pour lire quelques minutes, 200 lux pour lire longtemps, 500 lux suffisent pour une opération chirurgicale, 1000 lux et plus pour opérer longtemps).

Micro-centrale hydraulique : « moulin à eau » des temps modernes produisant de l'électricité.

SSP : soins de santé primaires.

Système photovoltaïque : système produisant de l'électricité par conversion directe des rayons solaires.

V : volt, unité de tension électrique (ex. une batterie de voiture fonctionne en 12 volts).

Références Bibliographiques

Bibliographie :

- Maitrise de l'énergie dans les établissements de santé des pays en développement GERES/IEPF/ADEME ISBN 2-907590-22-7 - Édition 2003

- « Énergie solaire et santé », documents de référence de l'OMS pour le Sommet Mondial Solaire, UNESCO, Paris 1993 - (UNESCO 7 Place Fontenoy - 75007 PARIS)

- Rural Lighting, a Guide for Development Workers, JP Louineau, Stockholm Environment Institute, Intermediate Technology Publications, Londres, 200 pages, ISBN 1-85339200-6, Dec. 93. (Editeur : Intermediate Technology Publications, 103/105 Southampton row, London WC1B 4HH, Royaume-Uni)

- The power guide, an international catalogue of small scale energy equipment, W. Hulscher, P. Fraenkel, Intermediate Technology Publications, Londres, 278 pages ISBN 1-85339-192-1, 1994 (Editeur : Intermediate Technology Publications, 103/105 Southampton row, London WC1B 4HH, Royaume-Uni)



Photo : J.P. Louineau (2003)

Système solaire 220 V pour une structure de santé
Coffret de régulation, onduleur et coffret de distribution pour une structure de santé, Madagascar

- Énergie Solaire et Santé dans les Pays en développement

Actes du Colloque, novembre 1996, Académie des sciences, Editeur : TEC ET DOC, France

- Essence de Vie : énergie domestique et santé ISBN-13 9789242563160 ISBN-10 9242563161 (publié sur le site de l'OMS)

Sites Internet :

- RIAED : Réseau International d'Accès à l'Énergie Durable : <http://www.riaed.net>

- OMS : Organisation Mondiale de la Santé : <http://www.who.int/fr>

- Site de YIL Agence, dédié à la veille technologique internationale sur l'énergie et les énergies renouvelables : <http://www.planetenergie.org>

Auteur

Jean-Paul LOUINEAU
38, rue des Barrénies
85270 Saint Hilaire de Riez - France
Tel : +33 2 51 54 19 06
courriel : Jean-paul.louineau@wanadoo.fr

Édition : YIL Agence  - Mars 2009
7 bis, rue Decrès, 75014 - Paris.
Tél : 01 45 45 17 49 - Fax : 01 45 45 19 34
<http://www.yilagence.org>
Courriel : yilagence@planetenergie.org
ISBN : 978-2-918222-06-4
Dépôt légal : Mars 2009

ÉNERGIES DURABLES ET DÉVELOPPEMENT EN MILIEU RURAL EN AFRIQUE.

DOSSIER PÉDAGOGIQUE

FICHE N° 1.

- L'ÉNERGIE ET LE DÉVELOPPEMENT

FICHE N° 2.

- LES CHOIX ÉNERGÉTIQUES EN MILIEU RURAL, L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET LA PLACE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

FICHE N° 3.

- LA CUISSON DES ALIMENTS

FICHE N° 4.

- L'APPROVISIONNEMENT EN EAU

FICHE N° 5.

- L'ACCÈS À L'ÉLECTRICITÉ ET SES APPLICATIONS DOMESTIQUES

FICHE N° 6.

- L'HABITAT : MATÉRIAUX ET CONFORT DE VIE

FICHE N° 7.

- L'ÉNERGIE DANS LES STRUCTURES DE SANTÉ

FICHE N° 8.

- LES TÉLÉCOMMUNICATIONS

FICHE N° 9.

- L'ACCÈS À L'ÉNERGIE ET SES UTILISATIONS DANS L'AGRICULTURE

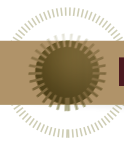
FICHE N° 10.

- L'ÉNERGIE ET LES TRANSFORMATIONS ALIMENTAIRES



FICHE N° 8 LES TÉLÉCOMMUNICATIONS

Auteur
Christian HUBERTY



Les Télécommunications

Communiquer est un acte essentiel, nécessaire pour la vie sociale, vital pour la vie économique.

Si la nature nous a doté du remarquable outil qu'est la parole, cet outil est toutefois très limité dans son environnement immédiat.

Pour pallier cette lacune, la société moderne s'est dotée de techniques très efficaces qui permettent, potentiellement au moins, de transmettre d'un bout à l'autre de la planète, la voix mais aussi l'écrit, les sons, les images, les données.

Hélas, dans le domaine des télécommunications comme dans tant d'autres, les inégalités d'accès aux outils sont flagrantes. Au Nord, le choix entre les outils disponibles sur le marché est complet. Au Sud, lorsque le choix existe, il est en général nettement plus restreint. Chacun sait d'autre part que l'accès à l'information est une des clés du développement, jusqu'ici détenu par le Nord.

Les prix des matériels, à l'investissement et / ou à l'usage, la plus ou moins grande complexité de leur mise en oeuvre et / ou de leur utilisation quotidienne, la fragilité éventuelle de produits pas forcément conçus pour un usage en milieu « agressif » (humidité, sable, etc.), la consommation énergétique, la présence ou non d'un réseau téléphonique fiable, la mobilité, sont parmi les critères qui détermineront le choix, etc., lorsqu'il existe !

Voyons d'abord les outils de communication dits « individuels » dont la finalité est la transmission d'informations d'un individu à un autre ou d'un groupe restreint à un autre. C'est la télécommunication, toujours à double sens. Nous verrons ensuite la transmission d'information à sens unique, la communication médiatique.

8

SOMMAIRE

- Les télécommunications **P.1**
- La télécommunication **P.2**
- La communication médiatique **P.10**
- Quelques définitions **P.11**

Dans la télécommunication, distinguons trois familles d'outils :

1 • la téléphonie filaire, où les deux correspondants sont reliés à travers un réseau de fils (même si une partie du voyage peut transiter par un segment hertzien, un satellite par exemple).

2 • les systèmes téléphoniques « sans fils », c'est-à-dire avec une composante hertzienne importante, donnant ainsi la mobilité totale ou partielle à l'un ou aux deux correspondants. La téléphonie cellulaire et la téléphonie satellitaire en sont les représentants.

3 • les systèmes radios, autonomes de structures et de réseaux intermédiaires entre les deux correspondants.

Des outils complémentaires permettant la transmission de texte ou de données peuvent se greffer sur l'un ou l'autre de ces systèmes.



Photo : C. Huberty

Deux bases fixes VHF

LA TÉLÉPHONIE FILAIRE

Il n'est guère besoin ici de faire une présentation du système, bien connu. Rappelons toutefois que s'il peut être considéré comme disponible partout dans les pays développés, ce n'est pas une généralité dans les pays en développement. Dans de nombreux pays, seule la capitale et quelques grandes villes sont maillées par le réseau filaire. De plus, les infrastructures (centraux téléphoniques) sont souvent anciennes et fréquemment saturées par la demande exponentielle liée à la croissance des populations urbaines.

On note également un net ralentissement des investissements de modernisation dans la téléphonie filaire lorsque se mettent en place un ou plusieurs réseaux de téléphonie cellulaire.

Il reste que, lorsqu'il est disponible et efficace, le téléphone est un outil extraordinaire pour la conversation, bien sûr, mais aussi pour y brancher les accessoires que sont les télécopieurs et les outils informatiques pour l'accès à Internet. L'investissement est faible (abonnement et, selon les pays, achat éventuel du combiné), le mode d'emploi élémentaire. Le coût à l'utilisation est très variable, selon la distance des communications (locales, régionales, nationales ou internationales). En longue distance, le téléphone peut être un outil coûteux à l'emploi.

LA TÉLÉPHONIE HERTZIENNE

Par téléphonie hertzienne, considérons les techniques qui permettent, pour une partie du cheminement de la communication, de transiter par un système hertzien (ondes). Il s'agit plus précisément des outils permettant de donner une certaine mobilité à l'utilisateur (à ne pas confondre avec les communications téléphoniques classiques qui empruntent quelquefois des moyens hertziens (satellites), mais sans incidence sur « l'immobilité » des deux utilisateurs).

• Le téléphone cellulaire

Véritable phénomène de société dans les pays développés (il y a maintenant par exemple, plus de lignes cellulaires que filaires, en France), les téléphones « cellulaires » (c'est-à-dire portatifs, sans fils, et sans base à domicile), prennent également un essor considérable dans les pays en développement.

En effet, pour se doter d'un équipement conséquent dans le développement du réseau téléphonique filaire, il faut beaucoup de temps, de personnel et donc d'argent. Les obstacles géographiques (déserts, monta-

gnes, forêts), nécessitent des travaux publics coûteux pour tirer les lignes. Les conditions climatiques extrêmes ou les dégradations liées aux événements politico-militaires compliquent la tâche et renchérissent les investissements.

Ne négligeons pas le fait que ce qui est adopté massivement par les pays développés devient rapidement le modèle pour tous.

Aussi, dans presque tous les pays en développement, la mise en place de réseaux de téléphonie cellulaire est privilégiée. L'État investit peu ou pas du tout et ce sont des fonds privés qui supporteront les investissements structurels (pylônes, relais, systèmes informatiques, connectivité avec le réseau téléphonique), et commerciaux (exploitation administrative, commerciale et financière pour engranger des bénéfices). L'État peut même tirer de substantielles ressources de la vente des licences d'exploitation.

D'un point de vue technique, ce choix est intéressant. Dès les premiers relais installés, des milliers de clients, libres de leurs mouvements, peuvent être raccordés. Des milliers de kilomètres de fils, des dizaines de milliers de poteaux sont économisés !

Notons aussi que le choix du hertzien permet, grâce à l'utilisation des normes les plus modernes, la connexion à tous les services multimédias, radio, télévision, Internet.

Quant à l'aspect énergétique, une heure de recharge quotidienne de batteries au top de la technologie autorise une veille téléphonique allant jusqu'à 10 jours ! Un chargeur a une consommation que l'on peut considérer comme insignifiante, mais les chargeurs les plus courants fonctionnent sur du courant alternatif.

Si ce choix n'est pas critiquable par son modernisme, il reste que, logique du marché et de l'argent privé oblige, le développement des relais n'est en général

• Le téléphone satellite

La téléphonie par satellite a également connu un grand essor ces dernières années, même si les projets fous de la période spéculative de la « bulle Internet » (1995/2000) sont retombés.

Le plus ancien des réseaux satellitaires, Inmarsat, mise depuis toujours sur la technologie des satellites géostationnaires. Avec des groupes de 4 satellites, le globe entier est couvert, à l'exception des pôles. C'est un réseau fiable et efficace, très connu des spécialistes, qui offre des prestations tout à fait intéressantes pour tous ceux qui sont amenés à voyager ou travailler dans des zones totalement démunies d'infrastructures terrestres.

Plus récemment, d'autres opérateurs ont mis en place des réseaux de satellites défilants à basse altitude. Cette proximité des satellites permet de réduire fortement la taille et le poids des équipements mobiles, pour le plus grand confort des clients. En revanche, le choix d'orbites basses impose un nombre de satellites important (48, 64, etc.) et donc des investissements considérables !

opérationnel que là où sont les clients, essentiellement dans les villes; le retour sur investissement étant globalement moins bon dans les pays plus pauvres, l'État n'a pas le pouvoir d'imposer aux opérateurs la couverture complète du territoire et les zones les plus reculées sont donc souvent abandonnées.

Enfin, que dire du prix des abonnements et communications, comparables aux prix pratiqués dans les pays développés. Qui peut les payer ?

Il ne faut pas confondre mobilité et indépendance. Si le gain en terme de mobilité est évident, il n'est pas forcément absolu, comme nous venons de le voir. En terme d'indépendance, elle peut être considérée comme nulle, puisque les communications ne peuvent transiter que par le réseau sur lequel l'utilisateur n'a aucune « prise ». Catastrophe naturelle, crise politico-militaire majeure, rupture d'approvisionnement électrique, entraînent généralement une rupture de service immédiate.

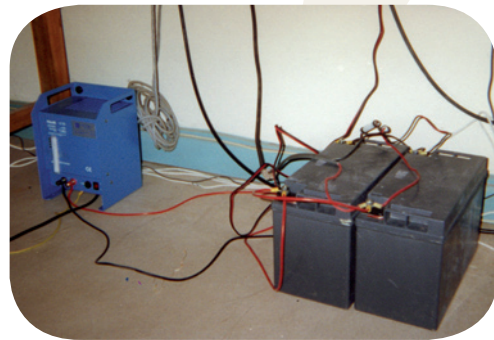


Photo : C. Huberty

Batteries et chargeurs pour alimentation HF + VHF

Quel que soit l'opérateur et le réseau, les satellites ne sont que des relais qui renvoient toujours les appels vers des stations terrestres à l'écoute de ces satellites, connectées au réseau téléphonique mondial et prêtes à relayer les appels vers n'importe quel abonné au téléphone dans le monde.

La téléphonie satellite, c'est aussi un développement fulgurant d'outils de communication de plus en plus compacts, légers, donc portables, de plus en plus économiques à l'achat et à l'usage, faibles consommateurs d'énergie.

L'argument majeur est celui de la mobilité extrême et de l'indépendance totale vis-à-vis de toute infrastructure terrestre : on peut appeler depuis les lieux les plus isolés de la planète.

Mais les coûts rendent encore ces appareils inabordables pour l'immense majorité des habitants du globe.

Il reste que l'accès direct à un satellite n'est pas la panacée absolue pour les raisons suivantes :

- Les communications ne peuvent, du fait de l'organisation du système, être facturée qu'avec du retard. Des garanties financières importantes sont donc demandées aux clients.
- Les prix sont encore élevés. Le marché est donc « étroit » et les revendeurs peu nombreux, voire inexistant, dans les pays en développement. Ne parlons pas du service après-vente.
- Comme pour tous les matériels hautement sophistiqués, souffrant beaucoup de conditions d'utilisation en milieu démuné, une tropicalisation, lorsqu'elle existe, est nécessaire. Mais le coût du matériel s'en ressent.

• Quoique de grands progrès aient été faits, il reste un effort à effectuer pour rendre l'usage de ces matériels réellement accessibles à un utilisateur non averti. Programmer un appareil sophistiqué, en évoluant dans un menu défilant, présenté dans un langage très technique est un exercice hors de portée de tous. Et que dire de l'impossibilité de communiquer avec un appareil autrement qu'en anglais.

• Notons enfin que les communications envoyées au satellite sont relayées par les stations terrestres via le réseau téléphonique classique. Les stations terrestres étant pratiquement toutes situées dans les pays développés, le renvoi de la communication vers un destinataire situé dans un pays mal équipé téléphoniquement est tout autant problématique que pour une communication classique.

Exemple :

Au coeur du désert tchadien, en panne mécanique, à l'aide d'une valise mobile, vous téléphonez à votre collègue de N'Djamena. Vous pointerez l'antenne sur le satellite Inmarsat « Océan Indien » ou « Atlantique Est ». Celui-ci établira la communication vers la station terrestre d'Aussaguel, en France, par exemple. France Télécom, propriétaire de la station terrestre, appellera, par le réseau téléphonique international, le central téléphonique de N'Djamena (cet appel transite ordinairement par un...autre satellite !), qui établira la communication jusqu'au destinataire final, abonné au réseau téléphonique filaire tchadien. En quelques secondes, le voyage sera ainsi de près de 150 000 kilomètres...

On voit par cet exemple que l'on s'affranchit des difficultés (ou de l'inexistence), du réseau téléphonique local, mais que l'on reste dépendant du réseau téléphonique international (entre la France et le Tchad).

• Les compléments de la téléphonie

4] Par complément, nous entendons les systèmes de communication qui se greffent sur les outils téléphoniques pour étoffer le contenu de la communication.

• La télécopie (fax)

Simple d'emploi, relativement économique à l'achat, peu gourmand en énergie, c'est un outil dont le succès est justifié. Le coût des communications est directement proportionnel à celui du téléphone, puisqu'utilisant le même support.

Ses lacunes tiennent dans son principe même, la « copie à distance », qui, à l'heure de la généralisation de l'informatique, est « en retard d'une guerre ». L'heure est à la transmission de données et Internet, de ce point de vue, offre des prestations incomparables.

• Internet

Figurant dans la même famille, du fait de sa dépendance au réseau téléphonique, Internet est toutefois un monde à part.

Il n'est pas faux de dire qu'une connexion à Internet

représente une porte ouverte sur le monde. Pour les pays en développement, aucune technologie n'a jamais permis un accès à l'information plus rapide et plus complet.

Parmi les conditions techniques nécessaires, il y a l'accès au réseau par un « serveur ». Ce serveur, intermédiaire entre le réseau Internet et le « client », peut être de statut commercial. Il y a alors prestation payante. Toutefois, le rôle de serveur peut être assuré par une administration, une université, un hôpital, etc., dans le pays ou à l'étranger. Dans tous les cas, la connexion entre le « client » et le serveur sera assurée par le biais d'une ligne téléphonique classique et fiable, ce qui, une fois de plus, peut en restreindre fortement l'accès.

Il est clair que la vitesse de transmission des informations est directement proportionnelle à la qualité de la liaison téléphonique et à la modernité du matériel informatique. Notons aussi le niveau de compétence nécessaire pour la mise en œuvre puis l'usage quotidien de tels outils.

Aucun système n'a jamais offert une telle quantité d'information, sur tous les sujets imaginables (y compris les pires), de manière interactive (on peut donner autant que prendre), par n'importe qui et à n'importe quel moment.

Hélas, les prix d'un simple ordinateur, des logiciels et, répétons-le, l'accès au téléphone, s'ils nous paraissent presque insignifiants dans les pays développés, sont encore rédhitoires pour la majeure partie des citoyens du monde.

LA RADIO

Technique assez ancienne, la communication radio a, elle aussi, bénéficié des progrès technologiques. Rappelons qu'une communication radio est basée sur la capacité des ondes électromagnétiques à voyager dans les airs et dans le vide, silencieusement et à une vitesse exceptionnelle puisqu'équivalente à la vitesse de la lumière.

Essentiellement grâce à la miniaturisation des composants et aux progrès de l'électronique, les appareils ont gagné en performance et compacité. Les prix sont plus accessibles, quoique restant élevés.

Un émetteur radio produit un courant électrique à haute fréquence, porteur d'une information (la voix ou un code auditif, par exemple). Ce courant est acheminé après amplification vers une masse métallique linéaire, l'antenne. Celle-ci rayonne une onde électromagnétique. Toute masse métallique, frappée par cette onde, produit en retour un courant électrique ayant les mêmes caractéristiques que le courant original, la puissance en moins. Acheminée vers un récepteur, l'information peut être extraite du courant et diffusée vers un haut-parleur. C'est la réception.



Photo : C. Huberty

PC radio HF + VHF

[5

Les systèmes radios ont deux atouts majeurs :

- Leur indépendance vis-à-vis de tout réseau, qui permet de les implanter en tout site, même le plus isolé.
- La gratuité des communications, qui leur confère, malgré un prix d'achat non négligeable, un « retour sur investissement » incomparable.

Ces deux avantages en génèrent un troisième, plus subtil : à presque tous les points de vue, la radio est « assumable » plus facilement par les pays en développement, que l'utilisateur du réseau radio soit une association, une entreprise ou une structure étatique.

Il ne faut toutefois pas cacher les difficultés bien réelles :

- Investissements à l'achat plus élevés
- Confidentialité inexistante
- Limitation du spectre des fréquences disponibles
- « Pauvreté » du contenu de la communication (voix essentiellement).

Les moyens de communication radio peuvent être regroupés en deux familles assez distinctes : la HF et la VHF/UHF.

Ce qui les caractérise communément :

- Un système comprendra toujours une source d'énergie, un émetteur-récepteur et une antenne.
- Lors de leur voyage, les ondes électromagnétiques perdent leur énergie, d'une part, et sont gênées ou absorbées par l'environnement (végétation, relief, constructions, etc.), d'autre part. S'affranchir de ces obstacles, autant que faire se peut, est la meilleure manière de réussir une communication radio.
- C'est dans la maîtrise correcte de l'acheminement du courant vers l'antenne que dépend en bonne partie la réussite de la communication. Le montage d'une antenne, surtout pour la HF, est une technique qui a des règles précises et qui ne supporte pas l'erreur, sous peine de graves dommages à l'émetteur.
- Une émission radio est caractérisée par la fréquence et le mode d'émission. Pour communiquer, deux stations doivent au préalable s'entendre sur une fréquence et un mode communs.
- On peut greffer sur une installation radio un outil de transmission de texte, voire de données. Si la chose est assez performante en VHF, qui subit peu de « bruits » nuisibles, les vitesses de transmission en HF sont encore assez lentes, beaucoup plus lentes que les communications informatiques par ligne téléphonique. Mais il est vrai que la gratuité des communications rend cet inconvénient acceptable. Diverses techniques existent, qui peuvent être regroupées sous le vocable de « radiotelex ».

LA HF

Les émetteurs HF sont utilisés pour communiquer à de grandes distances. Les ondes HF horizontales perdent rapidement leur efficacité (en moyenne 30 kms), gênées par l'environnement et la courbure de la terre. Ce sont les ondes montantes qui, par réflexion simple ou multiple sur les couches ionosphériques de l'atmosphère, assureront la transmission à longue distance (de 50 ou 100 kilomètres à plus de 20 000).

6]

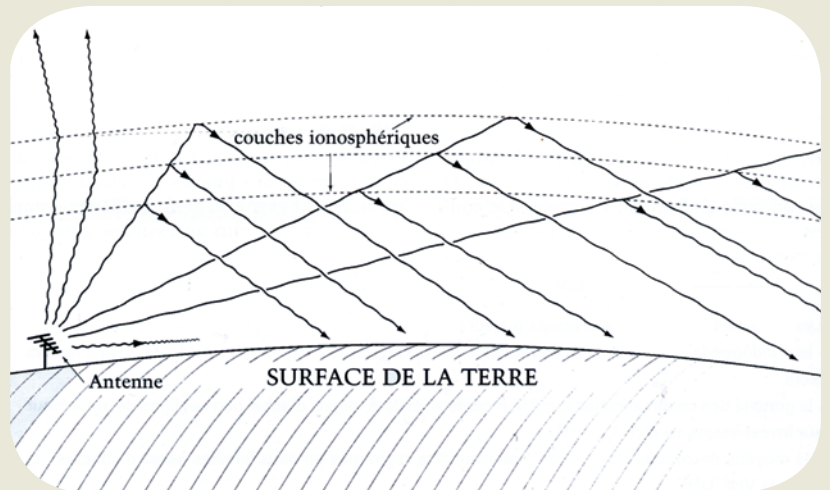
L'efficacité de la réflexion ionosphérique dépend directement de :

- la fréquence utilisée,
- l'heure de la journée,
- la saison,
- l'activité éruptive solaire,
- et plusieurs autres critères moins importants ;

ce qui la rend partiellement aléatoire (mais aussi partiellement prévisible).

Une installation technique parfaite n'est pas une garantie de fonctionnement.

Ce sont les distances comprises entre 30 et 300 kilomètres qui sont les plus délicates à couvrir, ainsi que les liaisons Est-Ouest de plus de 5 000 kilomètres.



synoptique réflexion ionosphérique

Si un fonctionnement nocturne n'est pas impossible, il est dans la pratique beaucoup plus délicat à obtenir.

Il faut noter qu'il existe une gamme de matériel destiné à une utilisation en mobile, dans un véhicule. Si les émetteurs sont les mêmes, le système d'antenne, compact mais néanmoins encombrant, est très spécifique. L'efficacité, moindre que pour une station fixe, permet toutefois des liaisons très correctes dans un rayon de 1 500, voire 2 000 kilomètres. C'est l'outil de travail indispensable de l'équipe mobile arpentant la brousse.



Photo : C. Huberty

Kit HF + VHF sur Toyota Prado, Kigali.

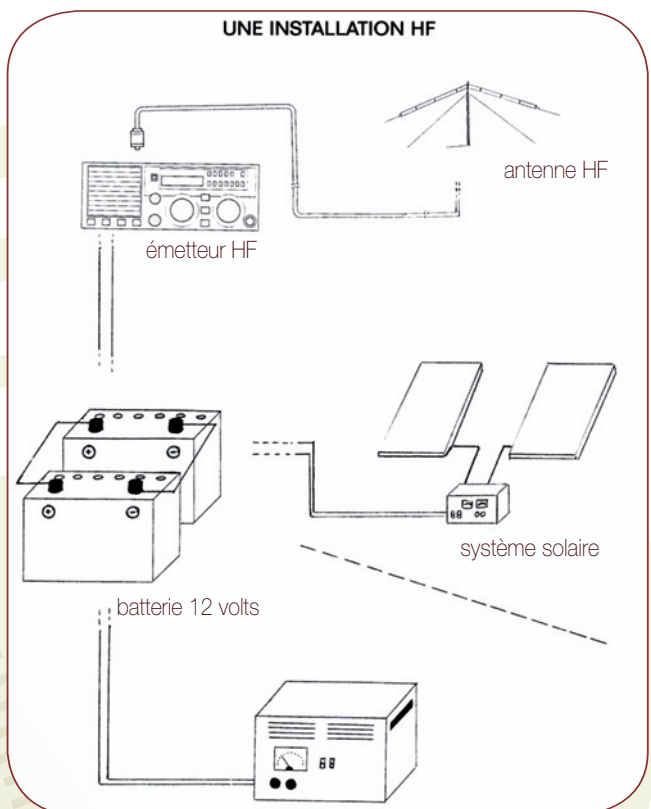
Une installation HF est énergivore. Nécessitant du 12 volts continus, la consommation d'un émetteur « standard » est de 1 à 2 Ampères en réception, mais de 15 à 25 Ampères en émission. Si l'on utilise un transformateur 220 - 12 volts, il le faut capable de débiter 30 ampères.

Un branchement sur 1 ou 2 batteries est de loin préférable, puisqu'il offre une garantie d'autonomie en cas de coupure de courant. La recharge des batteries pourra être assurée par un chargeur, de préférence automatique, régulé et puissant pour qu'une heure quotidienne ou deux d'approvisionnement en courant alternatif suffise à recharger ce qui a été consommé dans la journée.

Si cet approvisionnement n'existe pas, il faudra alors recourir à une installation solaire. Là aussi, les fortes consommations d'un émetteur HF en émission obligent à un dimensionnement conséquent de l'installation solaire.

LA VHF

Les émetteurs VHF sont utilisés pour les courtes distances. Les ondes VHF traversent les couches ionosphériques sans réflexion et seules les ondes horizontales sont utilisables. Les portées sont donc beaucoup plus réduites. La puissance d'émission étant d'une importance plus restreinte, un gain notable de poids et de volume pourra être réalisé. Les appareils VHF seront surtout des appareils portatifs (format talkie-walkie - 5 à 8 watts), ou mobiles (format autoradio - 25 à 50 watts).



synoptique énergie HF

L'environnement et le comportement de l'utilisateur vis-à-vis de cet environnement déterminent la portée efficace, qui peut varier de 100 mètres à plusieurs kilomètres pour un appareil portatif de puissance « standard » (5 à 8 watts). Les zones à relief accentué, végétation prolixe et constructions denses sont les plus délicates à couvrir. Le désert plat représente le meilleur environnement possible. L'antenne émettrice étant directement attachée à l'appareil, c'est donc aussi la manière dont l'utilisateur se dégage de son environnement qui contribue ou non à augmenter la portée.

En VHF, la liaison sera aussi efficace de jour que de nuit.

Pour augmenter la portée, on peut aussi investir dans des appareils « mobiles ». Plus puissants et couplés à une antenne plus performante et mieux dégagée (montée sur le toit d'une maison ou d'une voiture), un mobile peut augmenter la portée jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres avec un investissement très raisonnable. Seule ombre au tableau est la relative perte d'autonomie puisque l'appareil n'est plus autonome énergétiquement et doit être raccordé à une source électrique en 12 volts continus. Cet approvisionnement sera assuré par les mêmes moyens que ceux décrits pour la HF, avec toutefois, du fait d'une moindre puissance d'émission, des exigences de capacité plus restreintes.

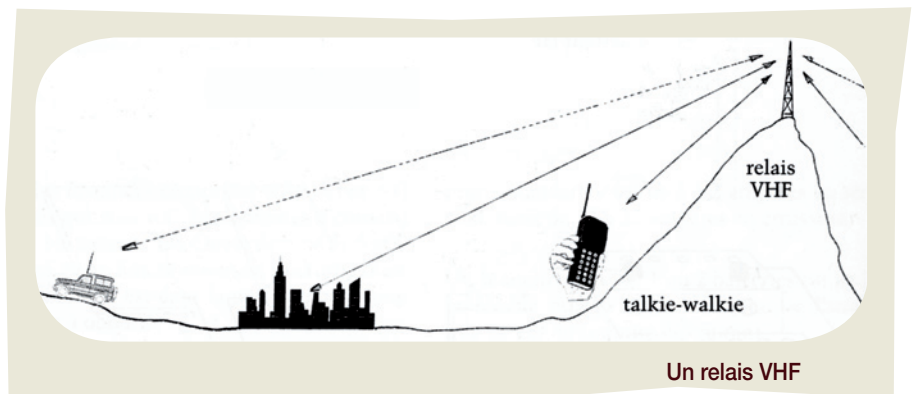
Pour augmenter encore la portée et pour les environnements très défavorables, on peut installer un ou plusieurs relais répéteurs. Si le coût en est important (3 à 4 000 €¹), c'est surtout leur mise en place qui engendre des frais. Il faut en effet dégager au mieux l'antenne du relais, ce qui signifie souvent le montage au sommet d'un pylône, lui-même implanté au sommet d'une colline ou montagne dominante en milieu rural ou au sommet d'un immeuble en milieu urbain. Dans le premier cas, l'approvisionnement électrique du relais est souvent assuré par des batteries et une installation solaire assez conséquente. Pour une implantation urbaine, l'approvisionnement par un transformateur branché sur une simple prise électrique facilite les choses.

Avec un relais judicieusement placé, on atteint facilement des portées de plusieurs dizaines voire centaines de kilomètres.

Pour un appareil portatif, l'émetteur transporte sa batterie Ni-cd, Ni-mh ou Li-ion. D'une autonomie moyenne, selon les modèles, de 8 à 16 heures, la recharge sera assurée quotidiennement par un chargeur lent (12 heures) ou rapide (1 heure), alimenté en courant alternatif, dont la consommation est négligeable.

A noter que les batteries Ni-cd, sujettes à « l'effet mémoire », ont une longévité d'autant plus grande qu'elles subissent des cycles de charge-décharge complets, ce qu'il est en général difficile d'obtenir des utilisateurs. Les générations plus modernes (Ni-mh ou Li-ion), souffrent moins de ce problème, mais nécessitent toutefois des précautions d'utilisation si l'on veut en profiter tout au long de leur durée de vie prévue, soit 1 000 cycles de charge-décharge (3 années d'utilisation quotidienne).

8]



1 > Taux de change : 1€ = 657 FCFA

ET L'AVENIR ?

Prédire l'avenir en matière de télécommunication est un vrai challenge.

Pour la téléphonie « classique », des progrès peuvent encore être accomplis dans la qualité des lignes. La numérisation généralisée permet plus d'efficacité et autorise des transmissions de données de plus en plus rapides. Le recours de plus en plus généralisé à la fibre optique pour les grands axes de communication participe de ce progrès.

Il reste que l'état du réseau téléphonique des pays en développement est souvent médiocre et les investissements pour l'améliorer et surtout étendre ce réseau sont rédhitoires. Toutes les techniques transitant peu ou prou par ce réseau restent donc souvent inabordables pour une bonne part de la population rurale des pays en développement.

La téléphonie « sans fil » est indiscutablement la grande bénéficiaire des progrès récents et à venir. Le maillage des territoires en relais ne cesse de s'étendre, même si l'on peut douter qu'il couvre jamais les zones rurales des pays en développement, faute de clients suffisants en nombre ou en solvabilité. Les prix des équipements, des abonnements et des communications doivent encore baisser pour autoriser un accès plus démocratique.

La téléphonie « satellite » a de belles heures devant elle. Presque devenu accessible au grand public occidental, les clients sont encore majoritairement les entreprises ou les ONGs. Les coûts sont trop élevés pour être accessibles au public des pays en développement. Mais les progrès sont rapides et les coûts de communication d'un réseau comme le

réseau TURAYA, laissent penser qu'il y a encore la place pour du progrès.

Quant aux systèmes radios, ils restent pour l'instant incontournables par la gratuité qu'ils offrent à l'usage. Hélas, les matériels HF ou VHF sont encore très chers et c'est sur le long terme que les investissements restent valables. De grands progrès sont réalisés dans la transmission de texte à longue distance, mais les aléas de la propagation limitent les vitesses de transmission.

Malheureusement, pour toutes ces techniques, quels que soient les progrès prévisibles, c'est la logique de marché qui demeure. Le développement et surtout l'accessibilité aux outils de la communication entre les hommes suivent les mêmes règles économiques que dans n'importe quel secteur. Et le fossé qui s'agrandit quotidiennement entre pays riches et pauvres n'incite pas à l'optimisme.

Notons aussi que les progrès techniques, lorsqu'ils pénètrent les pays en développement, véhiculent aussi une langue quasiment unique (l'anglais) et sa (mono) culture.



L'autre grande catégorie d'outils de communication, ce sont donc les médias, radiodiffusion et télévision, publiques ou privées. Cette fois, l'émetteur est unique et les récepteurs éventuellement très nombreux.

Une des caractéristiques principales de la radio et de la télévision, c'est que la communication est à sens unique. Un appareil radio ou une télévision est donc un récepteur uniquement, ce qui simplifie les choses d'un point de vue technologique et limite de manière importante les besoins énergétiques pour les faire fonctionner.

QUELQUES ÉTAPES

- Après la création de la Téléphonie Sans Fil (T.S.F.), et ses premiers pas au début du vingtième siècle, la radio devient le support privilégié de la communication de masse dans les pays développés dans les années trente.
- La seconde guerre mondiale voit la radio devenir un moyen essentiel de la propagande politique ; la fin de la guerre et la reconstruction industrielle créent la propagande commerciale.
- L'invention du transistor permettant la fabrication de récepteurs bon marché donne enfin accès, dans les années 60, à la radio de masse pour les pays sous-développés. Au même moment, c'est l'envolée de la télévision dans les pays développés.
- Jusque dans les années 80, ce sont les médias d'État qui dominent.
- Le développement de la Modulation de Fréquence (FM) en radio et l'apparition des premières chaînes de télévision privée favorisent peu à peu les initiatives locales, le pluralisme et le quatrième pouvoir.

LA RADIODIFFUSION

Quoique son enterrement soit régulièrement annoncé, la radiodiffusion publique se porte plutôt bien. L'extrême facilité d'emploi, le budget d'investissement et le besoin énergétique très faibles en font l'outil privilégié de réception de l'information pour la majeure partie des habitants de la planète. Il est accessible aux illettrés.

La radio bénéficie d'un capital de confiance très (trop ?) élevé dans le public et c'est vers ce média que se tournent les populations lorsqu'elles recherchent l'information en temps de crise.

La généralisation des émetteurs locaux en FM permet la multiplication des programmes et de leurs langues de diffusion, même si les centaines de langues de la Papouasie-Nouvelle-Guinée restent un casse-tête insurmontable.

De nombreuses expériences de radios communautaires, gérées techniquement et économiquement par les populations locales, ont révélé toute la part que peut occuper ce média dans le processus du développement.

Un récepteur radio est un appareil économe en électricité et son alimentation en piles ou batteries possible dans le monde entier.



LA TÉLÉVISION

Omniprésente, quoique constamment critiquée, enjeu de toutes les batailles économiques, politiques et médiatiques, la télévision reste LE média de ce début de siècle, même si Internet gagne d'énormes « parts de marché », surtout dans les pays développés. Ailleurs, si les progrès sont spectaculaires, ils n'en restent pas moins très inégalement répartis. De trop nombreuses régions du monde ne sont encore couvertes par aucun émetteur. Une fois encore, sans solvabilité des clients potentiels, les investissements ne sont pas et ne sont pas près d'être réalisés.

Quoique les prix aient fortement chuté, un récepteur de télévision reste un outil coûteux pour une bonne part des habitants de la planète. Seuls les plus fortunés y ont accès.

Quant à l'aspect énergétique, la télévision est évidemment plus gourmande que la radio, mais, n'étant toujours qu'un récepteur, on est là dans le domaine du très raisonnable.

En conclusion, nous ne pourrions qu'inciter et soutenir les pays en développement à se doter de moyens de communication médiatique, radio, télévision et accès à Internet, qui sont efficaces pour la formation et l'information de tous.

N'oublions toutefois pas les reproches que les pays développés adressent à leurs propres médias, télévision en tête : **l'image mal conçue et mal diffusée est envoûtante, potentiellement manipulatrice ; elle nuit à la prise de recul et castre l'imaginaire. Peut-on le souhaiter à tous ?**

Quelques définitions

- **système hertzien** : un système hertzien est un mode de communication qui transite en tout ou en partie par des ondes électromagnétiques voyageant dans l'air ou l'espace.
- **satellite géostationnaire** : il s'agit d'un satellite placé à une altitude de 36 000 kilomètres au dessus de la terre. A cette altitude, le satellite tourne autour du globe à la même vitesse relative que celle de rotation de la terre. Il apparaît alors comme « fixe » au dessus du point sur lequel il aura été placé.

CONSUMMATION D'ÉNERGIE	EN VEILLE OU RÉCEPTION	EN ÉMISSION
Téléphone cellulaire	0,25 watts	1 à 4 watts
Téléphone satellite	0,5 à 2 watts	5 à 20 watts
Station radio HF fixe	20 à 25 watts	300 watts
Mobile VHF	5 watts	20 à 60 watts
Récepteur radio portatif	5 à 20 watts	X
Récepteur de télévision	80 à 120 watts	X
Systèmes informatiques (PC+écran+imprimante)	300 watts	X

[11

Auteur
Christian HUBERTY
INSTITUT Bioforce Développement
41, Avenue du 8 mai 1945
69 200 Vénissieux - France



Édition : YIL Agence - Mars 2009
7 bis, rue Decrès, 75014 - Paris.
Tél : 01 45 45 17 49 - Fax : 01 45 45 19 34
<http://www.yilagence.org>
Courriel : yilagence@planetenergie.org
ISBN : 978-2-918222-07-1
Dépôt légal : Mars 2009

