



LE BIOGAZ

Introduction

Le biogaz est un combustible bien implanté dans un certain nombre de pays utilisé pour la cuisson et l'éclairage. C'est un mélange gazeux composé à 60% de méthane et à 40% de dioxyde de carbone qui se forme lorsque les matières organiques comme la bouse ou les matières végétales se décomposent par l'activité microbiologique en l'absence d'air, à des températures légèrement accrues (processus très efficace entre 30 et 40°C ou entre 50 et 60°C). C'est le même processus qui se produit naturellement au fond des étangs et des marais et qui provoque l'apparition du gaz des marais ou méthane.

La Chine possède plus de 7,5 millions de digesteurs à biogaz domestiques, 750 centrales industrielles à biogaz à grande et moyenne échelle et un réseau de 'centres de services à biogaz' ruraux afin d'offrir les infrastructures nécessaires pour soutenir la diffusion, le financement et la maintenance du système. L'Inde a elle aussi toujours eu un vaste programme, avec environ trois millions de systèmes à échelle familiale installés (Martinot 2003). Les autres pays du Sud ayant mis en place des programmes englobent le Népal, le Sri Lanka, le Kenya et plusieurs pays d'Amérique Latine. Au fur et à mesure que les niveaux d'émissions de carbone deviennent une préoccupation croissante et que les gens se rendent compte des avantages qu'il y a à développer des possibilités d'approvisionnement en énergie intégrées, le biogaz devient une option de plus en plus attrayante. Le processus d'apparition du biogaz est connu sous le nom de digestion anaérobie (sans air), produisant un combustible de cuisson et d'éclairage propre qui peut être extrait à une échelle allant d'un petit système familial à une grosse usine industrielle de plusieurs milliers de mètres-cubes. Le biogaz peut servir à produire de l'électricité et à faire fonctionner du matériel agricole. Il existe deux grands types d'équipements de production d'électricité :

- Les microturbines sont de petites turbines à gaz qui brûlent un mélange de méthane et d'air comprimé. Au fur et à mesure de leur combustion, les gaz sous pression à très haute température sont expulsés de la chambre de combustion en passant par une roue de turbine, provoquant sa rotation et entraînant la rotation de l'alternateur, produisant ainsi de l'électricité.
- Les moteurs alternatifs au gaz ont été modifiés en partant des moteurs fonctionnant au gaz naturel, mais capables de traiter de grosses quantités de dioxyde de carbone et de contaminants qu'on rencontre dans le biogaz. Ils fonctionnent à beaucoup plus grande échelle, présentent une combustion efficace et fournissent une puissance électrique comprise entre 1 MW et 2 MW.

La digestion des déchets d'origine animale et humaine apporte plusieurs avantages :

- la production de méthane destiné à être utilisé comme combustible, réduisant la quantité de bois de chauffage nécessaire et donc la désertification.
- Les déchets se réduisent au lisier à forte teneur en nutriments, qui en font un engrais idéal.
- Au cours du processus de digestion, les bactéries dangereuses présente dans la bouse et autres matières organiques sont tuées, réduisant ainsi les pathogènes présentant un danger pour la santé humaine.

note technique

Les émissions de carbone

Dans certains cas, la digestion anaérobie sert à produire principalement de l'engrais, le biogaz étant simplement un sous-produit évacué du digesteur. Ceci a des impacts négatifs graves sur l'environnement, le méthane étant un gaz à effet de serre dommageable. À l'inverse, pendant la combustion du gaz, c'est l'un des rares processus énergétiques qui soit 'à bilan carbone négatif' puisqu'il réduit la quantité de gaz à effet de serre émise par la matière première (la bouse émet du méthane), ce qui en fait une option attrayante pour ceux qui recherchent un financement carbone à grande diffusion.

Questions techniques

Plusieurs technologies servent à extraire le biogaz :

- la plus courante est la fermentation des déchets d'origine humaine et/ou animale, dilués en lisier, en digesteurs spécialement conçus à cet effet.
- Dans les régions où l'eau est rare, une technologie adaptée utilise un mélange plus sec à rendements élevés et à résidus plus gérables.
- Une approche récente utilisant les amidons extraits des ordures ménagères et des graines en quantités très réduites a créé une technologie à petite échelle adaptée aux communautés tant urbaines que rurales.
- Lorsqu'il n'y a pas de bétail, des technologies nouvelles montrent que les cultures énergétiques peuvent donner du biogaz.
- Des technologies à plus grande échelle, mises au point plus récemment recueillent le méthane extrait des décharges contrôlées à ordures ménagères.

Lorsqu'on construit un digesteur de biogaz, certains critères doivent impérativement être respectés si l'on veut qu'il ait un bon rendement.

Critères techniques :

- Une quantité suffisante d'aliments bruts doit être disponible à long terme et sur l'ensemble de l'année, sinon les approvisionnements seront irréguliers et les gens perdront confiance dans la technologie
- La température doit être suffisamment élevée pour faire fonctionner le processus de digestion ou les travaux de construction supplémentaires à effectuer risquent de surenchérir le coût du procédé à des niveaux prohibitifs.
- Pour les digesteurs à dôme fixe, la qualité des matériaux de construction doit impérativement être élevée, le biogaz étant maintenu sous pression à l'intérieur du dôme.
- Il faut des compétences et du savoir-faire à la fois pour construire et pour entretenir des installations à biogaz. Bon nombre d'unités construites par le passé ont été abandonnées faute de compétences pour les entretenir.

Critères sociaux :

- Il est plus probable que ce procédé soit couronné de succès s'il existe un marché pour le produit final qu'est l'engrais. Cette chaîne logistique devra être intégrée à la phase d'aménagement de la mise en place du biogaz.
- Même si les frais d'installation sont subventionnés, ceux qui consommeront le gaz devront avoir un certain degré de participation financière à la construction ; sinon, ils risquent de ne pas avoir un sens de la propriété suffisant pour bien assurer l'entretien de l'installation.
- La manipulation des déchets d'origine animale et humaine est une question culturelle sensible et même l'utilisation du gaz issu de ces déchets pourra s'avérer inadmissible dans certaines sociétés.
- La collecte de bouse peut être problématique si le bétail n'est pas maintenu dans un endroit fixe et si on le laisse divaguer à sa guise.
- Il faudra organiser des campagnes de promotion et de diffusion des avantages offerts par le biogaz si l'on veut qu'il soit bien accueilli dans les zones rurales où se trouve le produit de départ.

note technique

- L'utilisation des déchets d'origine humaine semble être mieux considérée lorsqu'elle est associée à une institution comme une école ou un hôpital plutôt qu'à une maison individuelle.
- L'engagement des ONG est à même de garantir le fait que les technologies soient bien adaptées et qu'elles soient bien accueillies par la communauté ciblée.

Critères financiers / politiques

- La promotion et la diffusion par l'Etat peut faciliter la diffusion. La mise en place de cette technologie peut être une solution 'gagnant-gagnant' étant donné qu'elle fournit une énergie propre et réduit les problèmes associés aux déchets.
- Les investissements du secteur privé financeront la durabilité à long terme
- Les frais de mise en place sont relativement élevés ; ils risquent donc de n'être accessibles qu'à la tranche de revenus supérieure. Le micro-crédit peut être utilisé pour atténuer ce problème. Les montages à crédit, ou des subventions bien ciblées, permettront à un plus grand nombre de personnes d'accéder aux technologies au biogaz, stimulant ainsi le marché. Par exemple, au Népal, le Biogas Microfinance Capacity Building Program d'USAID a créé des établissements financiers adaptés pour pérenniser le développement du secteur du biogaz au Népal. The Asia biogas... (phrase coupée, N.d.T.)

Les technologies à l'échelon familial

Les modèles de digesteur les plus répandus sont le digesteur chinois à dôme fixe et le digesteur indien à cloche flottante (représenté dans les figures 1 & 2). Le processus de digestion est le même dans tous les digesteurs, mais la méthode de collecte du gaz est différente. Sur le modèle à cloche flottante, la cloche à joint hydraulique du digesteur est à même de s'élever au fur et à mesure de la production de gaz, où elle fait office de chambre de stockage, alors que le modèle à dôme fixe présente une plus faible capacité de stockage et nécessite une bonne étanchéité si l'on veut prévenir les fuites de gaz. Tous deux ont été conçus pour fonctionner avec des déchets d'origine animale ou de la bouse.

Les déchets sont acheminés dans le digesteur par le tuyau d'admission et sont digérés dans la chambre de digestion. La température du procédé est assez critique, les bactéries productrices de méthane travaillant le plus efficacement à des températures comprises entre 30 et 40°C ou entre 50 et 60°C ; sous des climats plus froids, il pourra être nécessaire d'apporter de la chaleur à la chambre pour favoriser l'action des bactéries. Le produit est un mélange de méthane et de dioxyde de carbone, habituellement dans un rapport de 6:4. Le temps de digestion va de quelques semaines à quelques mois selon le produit de départ et la température de digestion. Le lisier résiduel est évacué à la sortie et peut servir d'engrais.

Du point de vue familial, le gaz devra toujours être disponible, ce qui fait que les digesteurs permettant l'ajout continu de produit de départ qui déplacent le produit de départ usé sera probablement le mieux adapté et celui qui recevra l'accueil le plus favorable. Les systèmes intermittents, qui nécessitent l'enlèvement physique du lisier à intervalles réguliers de quelques jours et l'ajout de produit de départ neuf, à la fois font appel à une main d'œuvre abondante et perturbent l'approvisionnement.

note technique

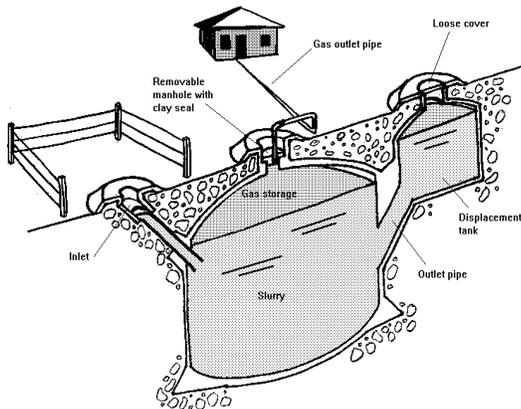


Figure 1 : Digesteur à dôme fixe

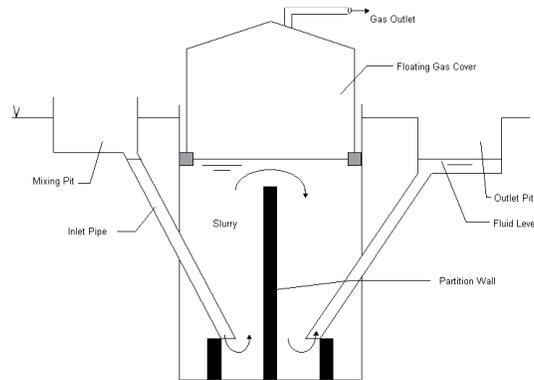


Figure 2 : Digesteur à cloche flottante

Digesteurs de biogaz où l'eau est une contrainte

Ce digesteur, mis au point par le Central Institute of Agricultural Engineering de Bhopal (Inde), est une modification du modèle à dôme fixe et permet d'utiliser de la bouse de bétail fraîche non diluée. Le modèle modifié nécessite une faible quantité, voire une quantité nulle, d'eau pour opérer le mélange à la bouse de bétail, produit environ 50% biogaz en plus par kilogramme de bouse chargée à l'intérieur du système et ne nécessite pas d'attendre un certain temps que la bouse sèche avant de pouvoir s'en servir comme engrais.

Les principales modifications par rapport à un digesteur conventionnel à dôme fixe sont l'agrandissement de l'orifice de passage de la canalisation d'admission, un plus grand renforcement de la chambre pour résister aux pressions accrues du gaz, un tuyau de sortie agrandi pour la chambre à lisier et une canalisation d'évacuation lisse élargie pour faciliter l'écoulement du lisier (Shyam, 2001).

Digesteur de biogaz compact utilisant des déchets alimentaires

Pour ceux qui n'ont pas de bétail ou qui habitent des centres urbains, il est probable qu'un digesteur conventionnel ne soit pas approprié. L'Indian Appropriate Rural Technology Institute (ARTI) a lancé un petit digesteur de biogaz utilisant comme produits de départ les déchets amylacés ou sucrés, déchets de farine, résidus végétaux, déchets d'origine alimentaire, épiluchures, fruits pourris, tourteaux, rhizomes de bananes, canna (plante ressemblant à un lis, mais riche en amidon), et des graines non comestibles. Les installations compactes sont réalisées à partir de réservoirs à eau en polyéthylène haute densité (HDPE) décheté, adaptés en utilisant un pistolet chauffant et une tuyauterie HDPE classique. L'installation classique nécessite deux réservoirs d'une contenance en général de 0,75 m³ et 1 m³. Le petit réservoir qui contient le gaz est renversé au-dessus du gros qui contient le mélange de produit de départ en décomposition et d'eau (le lisier).

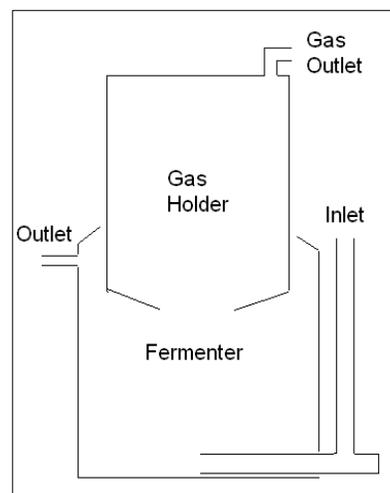


Figure 3 : Digesteur de biogaz compact

Le produit de départ doit être mélangé à l'aide d'un mélangeur électrique ou à la main de façon à le fluidifier. Deux kilos de ce produit de départ donnent environ 500 g de méthane, la réaction arrivant à son terme au bout de 24 heures.

note technique

Un tuyau d'arrivée est installé pour ajouter du produit de départ, ainsi qu'un trop-plein pour évacuer le résidu après digestion. Le digesteur est installé au soleil, près de la cuisine, un tuyau acheminant le biogaz vers la cuisine. (ARTI, 2006)

Installations à biogaz à grande échelle

Les pays industrialisés utilisent couramment des digesteurs de biogaz où la bouse d'origine animale, et de plus en plus des cultures énergétiques, sont utilisés comme produit de départ pour des digesteurs de biogaz à grande échelle. Le Brésil et les Philippines sont les leaders mondiaux dans les digesteurs agricoles prenant comme produit de départ les résidus de canne à sucre.

L'intérêt et le soutien du grand public pour le biogaz va croissant dans la plupart des pays européens. Après une période de stagnation due à des difficultés techniques et économiques, les avantages pour l'environnement et le prix croissant des combustibles fossiles ont amélioré la compétitivité du biogaz comme combustible énergétique. Cela s'est traduit dans des installations à petite et grande échelle au Danemark, en Allemagne (où plus de 3000 installations produisent 500 MW d'électricité et 1000 MW de chaleur) et en Suisse, et sous forme de biocarburants pour moyens de transport en Suède (où des véhicules à biocarburant ont été élus voitures écologiques de l'année en 2005). Des projets au biogaz intéressants ont été mis en place au Royaume-Uni, en Irlande et aux Pays-Bas. Malgré cela, la consommation de biogaz en Europe reste modeste par rapport au potentiel en matières premières, et le biogaz ne représente qu'une très faible part du total des approvisionnements énergétiques.

Plusieurs pays ayant expérimenté les cultures énergétiques à biogaz comme des variétés d'herbes de culture récente (herbes du Soudan et variétés hybrides d'herbes tropicales) ou le 'super-maïs' à biogaz mis au point en France. Les cultures poussent de manière à fermenter facilement et à produire suffisamment de gaz lorsqu'elles sont utilisées comme substrat unique. Les cultures énergétiques à biogaz peuvent être utilisées entières, ce qui permet d'utiliser beaucoup plus de biomasse à l'hectare.

Produit à grande échelle, le biogaz peut être injecté dans le réseau de gaz naturel et se retrouver dans le mélange énergétique sans que les consommateurs soient au courant du changement. Un petit nombre d'entreprises européennes ont déjà commencé à s'y mettre, tandis que les agriculteurs produisant du biogaz en excédent dans leurs exploitations bénéficient de primes pour vendre l'électricité qu'ils produisent à partir du biogaz au principal réseau de distribution. En Allemagne, l'électricité issue du biogaz fait partie intégrante du marché de l'énergie. En 2005, des tranches de centrales à biogaz ont produit 2,9 milliards de kilowatts-heures d'électricité (NAWARO).

L'Inde envisage de traiter l'un de ses gros problèmes (la pollution atmosphérique issue du transport) en utilisant du biogaz comprimé (CBG). Plus de 70% de la croissance mondiale à long terme (à l'horizon 2030) de la demande en carburants automobiles proviendra des pays en développement à croissance rapide comme l'Inde ; ceci est tout à fait pertinent et fait l'objet actuellement d'études (Biopact)

Les utilisations du biogaz

Le biogaz présente une grande diversité d'applications possibles. Il peut s'utiliser directement pour la cuisson et l'éclairage, ou pour produire de la chaleur, ainsi que pour produire de l'électricité et du carburant destiné à alimenter les voitures.

Des études menées en Chine ont montré que lorsqu'il est utilisé pour chauffer et éclairer des serres, il augmente la teneur en dioxyde de carbone, ce qui accélère la photosynthèse par les plantes cultivées sous serres et accroît les rendements.

Des expériences menées dans la Province du Shanxi ont montré que le fait de multiplier par quatre la teneur en dioxyde de carbone entre 6 h 00 et 8 h 00 du matin accroissait les rendements de presque 70%. Une lampe au biogaz produit à la fois de la lumière et de la chaleur aux œufs de ver à soie, augmentant leur taux d'éclosion ainsi que la production de cocons par rapport à l'habituel chauffage au charbon.

Au niveau industriel, le mélange de méthane et de dioxyde de carbone dans le biogaz peut servir à empêcher les fruits de mûrir trop tôt une fois cueillis puisqu'il inhibe le métabolisme, réduisant ainsi

note technique

la formation d'éthylène à l'intérieur des fruits et des graines. Il tuera également les insectes nuisibles, les moisissures et les bactéries à l'origine de maladies (Kangmin, L. & Ho, M-W).

Le Tableau 1 présente quelques applications types, les valeurs correspondant à un mètre-cube de biogaz. Les digesteurs de biogaz à petite échelle produisent du combustible pour l'éclairage et la cuisson dans le cadre familial.

Domaine d'application	1 mètre-cube d'équivalent biogaz
Éclairage Cuisson	<ul style="list-style-type: none"> Éclaire une ampoule de 60 à 100 W pendant 6 heures Permet de cuire 3 repas pour une famille de 5 – 6 personnes
Produit de substitution du carburant Puissance à l'arbre en chevaux Production d'électricité	<ul style="list-style-type: none"> 0,7 kg d'essence Fait tourner un moteur d'un cheval-vapeur pendant 2 heures Produit 1,25 kilowatt-heure d'électricité

Source : adapté de Kristoferson, 1991

Impacts sociaux de l'utilisation du biogaz

- Le biogaz est un combustible propre, qui diminue les niveaux de pollution de l'air intérieur, cause importante de mauvaise santé parmi ceux qui vivent dans la pauvreté.
- L'éclairage est un avantage social majeur ; on estime qu'il y a plus de 10 millions de foyers qui s'éclairent au biogaz (Martinot, 2003). L'amélioration de l'éclairage entraîne une augmentation du temps passé à travailler ou à étudier.
- Dans les cas où le biogaz remplace le bois de chauffage, il apporte deux avantages : une diminution des pressions exercées sur la forêt, et un gain de temps pour ceux qui sont chargés de ramasser le bois, en général les femmes et les enfants.
- Si une installation à biogaz est raccordée aux latrines dans le cadre d'un programme sanitaire, c'est un moyen positif de réduire les pathogènes et de transformer les déchets en engrais sain.
- Si le biogaz est rattaché aux ventes d'engrais ainsi produit, c'est une excellente source de revenus complémentaires.
- L'engrais peut être répandu sur les cultures pour en augmenter le rendement.
- En Chine et en Inde, des installations au biogaz sont fabriquées en grandes quantités par les artisans locaux. Au Kenya, où la technologie du biogaz en est encore dans ses premières phases de diffusion, les fabricants locaux se sont rapidement rendus compte du potentiel et se sont lancés dans la production d'installations à biogaz.
- Le biogaz peut servir à produire de l'électricité, entraînant dans son sillage des possibilités d'amélioration des communications, grâce à l'arrivée du téléphone, de l'ordinateur, de la radio et de la télévision dans les communautés reculées.
- Le combustible produit à l'échelon local est moins exposé au risque de pénurie que, par exemple, l'électricité du réseau de distribution (secteur) ou le gaz en bouteilles importé.

Références et ressources bibliographiques

- [Utiliser un Digesteur de Biogaz](#) Note technique de Practical Action
- [Using Biogas Technology to Solve Pit Latrine Waste Disposal](#) Note technique de Practical Action
- [Build Manual: ARTI Floating Dome Biodigester](#) Manuel technique d'AIDG
- *Rural Energy Services: A handbook for sustainable energy development (Services énergétiques dans les campagnes : manuel de développement énergétique durable)* Anderson, T., Doig, A., Rees, D. and Khennas, S., Practical Action Publishing, 1999.
- *A Chinese Biogas Manual (Manuel chinois de biogaz)*, par Ariane VanBuren (rédacteur), ISBN : 9780903031653 (0903031655), Practical Action Publishing (Royaume-Uni), 1979
- *ARTI Biogas Plant: A compact digester for producing biogas from food waste ARTI (Installation à biogaz ARTI : digesteur compact destiné à produire du biogaz à partir des déchets alimentaires* <http://www.arti-india.org/content/view/45/52> [Accès en février 2007]
- *India's bright green idea: compressed biogas for cars Biopact (L'idée lumineuse et écologique de l'Inde : du biogaz comprimé pour les voitures ou Biopact)* <http://news.mongabay.com/bioenergy/2006/10/indias-bright-green-idea-compressed.html> [Accès en février 2011]
- *Electricity in Households and Microenterprises (L'électricité dans les Familles et les Micro-entreprises)*, par Clancy Joy, Rebedy Lucy : ISBN : 9781853395017 (0903031655), Practical Action Publishing (Royaume-Uni), 2000
- *Running A Biogas Programme: A Handbook (Manuel de pilotage d'un programme d'implantation du biogaz)*, par Fulford David, ISBN : 9780946688494, Practical Action Publishing (Royaume-Uni), 1988
- *Technical–economical Analysis of the Saveh Biogas Power Plant Giti Taleghani (Analyse technico–économique de la centrale à biogaz Saveh de Giti Taleghani)*, G.& Akbar Shabani Kia, A.S. Renewable Energy, Vol. 30, Numéro 3, mars 2005
- *Biogas Promotion in Kenya (La promotion du biogaz au Kenya)* Gitonga, Stephen Intermediate Technology Kenya, 1997.
- *Anaerobic Digestion - Principles and Practices for Biogas Systems (Digestion anaérobie : principes et pratiques pour les systèmes à biogaz)*. Gunnerson C. G. et Stuckey D. C., Revue technique de la Banque Mondiale N° 49, la Banque Mondiale, 1986.
- *An Introduction to Biogas (Introduction au biogaz)*, Harris, P. Université d'Adélaïde <http://www.adelaide.edu.au/biogas/> [Accès en décembre 2011]
- Biogas in Europe, a general overview (Le biogaz en Europe, présentation générale), par Holm-Nielsen, Jens : Al Seadi, Teodorita, The Future of Biomass in Europe 2 ALTENER funded biogas workshop October 2003, Denmark (L'avenir de la biomasse en Europe 2, Groupe de travail sur le biogaz financé par ALTENER, octobre 2003, Danemark)
- *Renewable Energy Sources for Fuels and Electricity (Sources d'énergie renouvelables pour les combustibles et l'électricité)*. Johansen, T.B. et al, Island Press, Washington D.C., 1993.
- *Renewable Energy Technologies in Africa (Les technologies des énergies renouvelables en Afrique)*. Karekezi, S. et Ranja, T., AFREPEN, 1997.
- *Renewable Energy Technologies - their application in developing countries (Technologies des énergies renouvelables : leur application aux pays en développement)*. Kristoferson L. A. et Bokalders V., Practical Action Publishing, 1991.
- Biogas China Kangmin, L. & Ho, M-W <http://www.i-sis.org.uk/BiogasChina.php> [Accès en février 2007]
- *Energy from Biomass: a review of combustion and gasification technologies (L'énergie de la biomasse : étude des technologies de la combustion et de la gazéification)*. Quaak, P., Knoef, H. et Stassen, H.E., Revue technique de la Banque Mondiale n° 422, Série sur l'Energie de 1999.
- *Biomass, Energy and the Environment: A Developing Country Perspective from India (La biomasse, l'énergie et l'environnement : point de vue d'un pays en développement, l'Inde)*. Ravindranath, N. H. et Hall, D. O., Oxford University Press, 1995.

note technique

Le présent document a été rédigé par le Dr L. Bates pour Practical Action en mars 2007.

Practical Action
The Schumacher Centre
(Centre Schumacher)
Bourton-on-Dunsmore
Rugby, Warwickshire, CV23 9QZ
Royaume-Uni
Tél.: +44 (0)1926 634400
Fax : +44 (0)1926 634401
E-mail : inforsev@practicalaction.org.uk
Site web : <http://practicalaction.org/practicalanswers/>

Practical Action est une organisation caritative travaillant dans le développement qui cultive sa différence. Nous savons que les idées les plus simples peuvent transformer en profondeur la vie des gens du monde entier. Cela fait plus de 40 ans que nous travaillons auprès des plus pauvres du monde, en utilisant une technologie simple pour lutter contre la pauvreté et transformer leur vie pour le meilleur. Nous intervenons dans 15 pays d'Afrique, d'Asie du Sud et d'Amérique Latine.

note technique