



# Climatiser les systèmes énergétiques



Laura E. WILLIAMSON  
Hélène CONNOR  
Mithra MOEZZI



# Equipe VAR

## Reporters nationaux

Bénin	Herbert KOULETIO et Raoufou BADARAOU
Burkina Faso	Joseph WETHE
Cameroun	Elie TOLALE et Emmanuel NGNIKAM
Rép. Dém. du Congo	Seraphin KASEMUANA
Kenya	Paul KIRAI
Mali	Cheick Ahmed SANOGO
Nigeria	Imoh OBIOH et Richard Olayiwola FAGBENLE
Sénégal	Moussa DIOP et Secou SARR
Tanzanie	Damian CASMIRI
Ouganda	Timothy BYAKOLA et Pierre MUKHEIBIR

## Coordinateurs régionaux

Pierre DEMBELE  
Ewah Otu ELERI

## Coordinatrice du projet

Laura E. WILLIAMSON

## Elaboration des indicators

Hélène CONNOR  
Axel MICHAËLOWA  
Laura E. WILLIAMSON

# Remerciements

Ce travail n'aurait pas été possible sans le dévouement des équipes africaines d'HELIO, de HELIO-Afrique et du réseau des analystes d'HELIO International. HELIO souhaiterait également remercier Shardul Agrawala, Rod Janssen, Axel Michaelowa et Mithra Moezzi pour leur aide et leurs contributions précieuses et pertinentes.

*Climatiser les systèmes énergétiques* est publié par HELIO International.

Copyright 2009.

Disponible en ligne à l'adresse : [www.helio-international.org](http://www.helio-international.org).

Le contenu de ce rapport peut être reproduit gracieusement sous réserve qu'HELIO International soit crédité, informé par écrit, et qu'une copie témoin lui soit adressée.

Traduction : Michel Lévy

Photos de 1<sup>ère</sup> de couverture : Eolienne pour pompage de l'eau – *iStockphoto: designbase*; Foyer efficace, Darfour, Soudan – *CHF International*; Barrage micro-électrique – *GERES*; Mappemonde, l'Afrique – *iStockphoto: tombonatti*; Nuages – *iStockphoto: LDF*

Photos de 4<sup>e</sup> de couverture : Fermière malienne, fleuve Niger, Mali – *iStockphoto: luniversa*; Enfants en pirogue, Ganvier, Bénin – *iStockphoto: peeterv*; Femme masai chargeant d'eau son âne, Kenya – *iStockphoto: brittak*; Nuages – *iStockphoto: LDF*

Conception graphique : Don Berg

Imprimé par Unigraphics, Canada – Document imprimé sur du papier certifié FSC et Rainforest Alliance.

# Climatiser les systèmes énergétiques

---

Laura E. WILLIAMSON

Hélène CONNOR

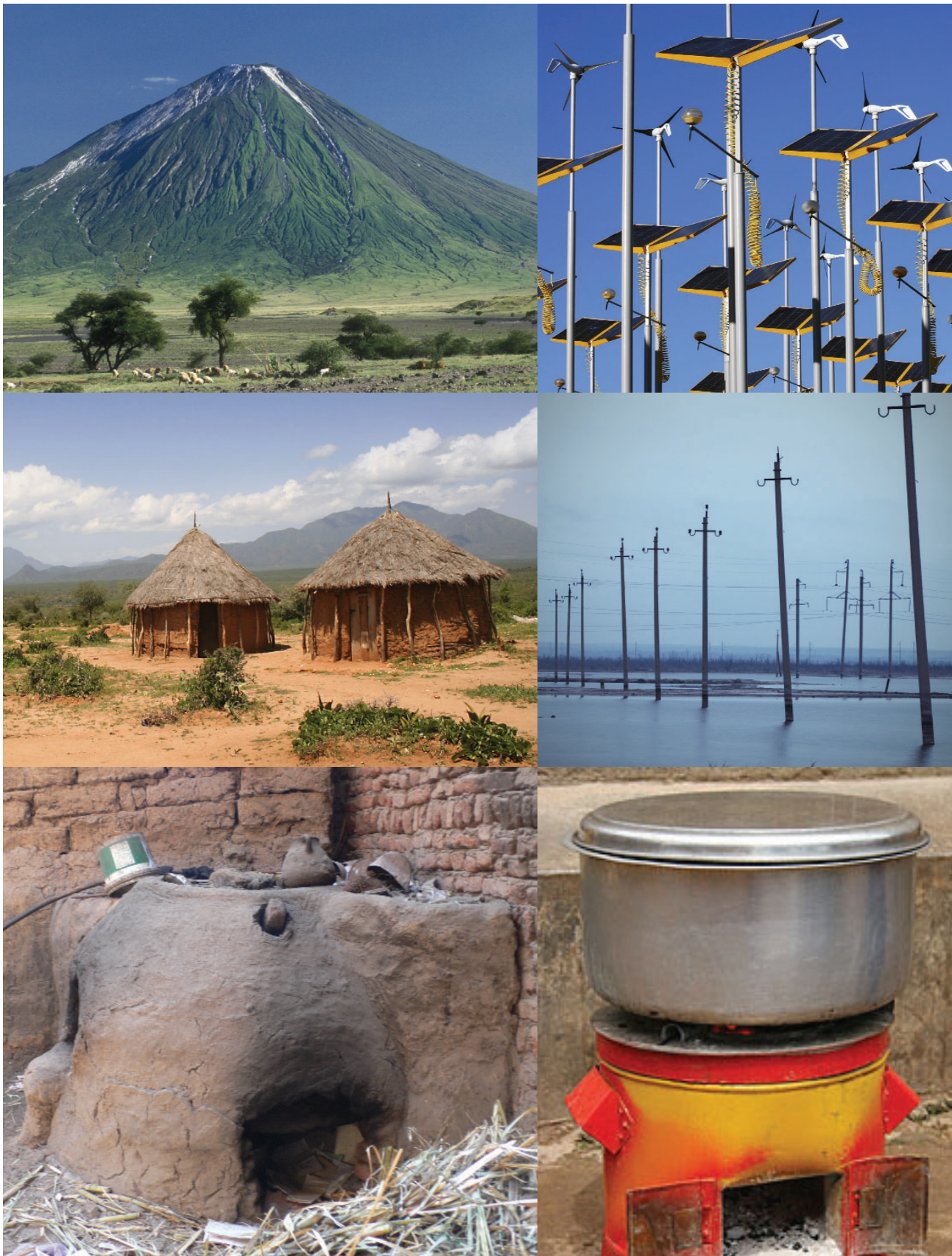
Mithra MOEZZI



Ce projet a reçu le soutien de :



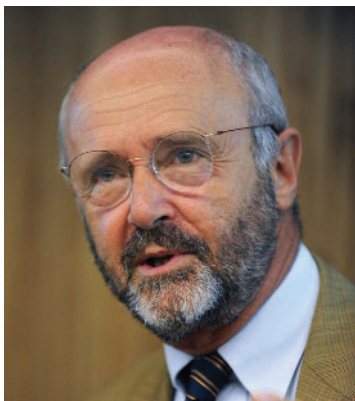




1) Ol Doinyo Lengai. Volcan actif au nord de la Tanzanie – *iStockphoto: guenterguni*; 2) Eolienne et panneaux solaires – *iStockphoto: RonfromYork*; 3) Huttes en paille, Kenya – *iStockphoto: andydidyk*; 4) Lignes électriques abandonnés – *iStockphoto: sandsun*; 5) Four à biomasse, Bahari Gourni, Egypte – *Hélène Connor*; 6) Foyer efficace, Ouganda – *Sue O'Connor*

# Table des matières

Préfaces	iv
Mesurer les vulnérabilités pour sélectionner les politiques et mesures d'adaptation	iv
Un Instrument pour définir des approches novatrices	v
Liste des acronymes	vi
Synthèse	vii
Recommandations	vii
Contexte	1
Logique	1
Approche	2
Processus	3
Précision Importante	3
Pourquoi il est nécessaire d'évaluer la vulnérabilité et la résilience des systèmes énergétiques	4
Impacts sur les systèmes énergétiques induits par le climat et vulnérabilités associées	5
Paramètres météorologiques	7
Mesures d'adaptation pour les systèmes énergétiques	11
Analyse au niveau des pays	15
Le défi de la pauvreté en Afrique Subsaharienne	15
Pauvreté et vulnérabilité des systèmes énergétiques	16
Synthèse par pays	18
Vulnérabilités au niveau des pays	21
Précision importante	23
Indicateurs environnementaux	23
Indicateurs économiques	26
Indicateurs techniques	30
Indicateurs sociaux	32
Indicateurs civiques (gouvernance)	34
Systèmes énergétiques : vulnérabilité et résilience	37
Indicateurs de vulnérabilité	39
Indicateurs de capacités d'adaptation mesurant les interventions ayant permis d'accroître la résilience	45
Précision importante	50
Recommandations	55
Conclusion	59
Bibliographie	62
Annexe 1 : Glossaire	64
Annexe 2 : Informations sur les analystes nationaux	65



## Préfaces

### Mesurer les vulnérabilités pour sélectionner les politiques et mesures d'adaptation

Voici une étude bienvenue qui ouvre la voie à beaucoup d'autres.

Le changement climatique est en cours, quels que soient les efforts de réduction des émissions que consentiront les États à l'avenir. Il faudra donc s'adapter à ce changement, notamment aux modifications du régime des pluies et aux épisodes météorologiques extrêmes. Il aura des conséquences particulièrement sérieuses sur les pays pauvres, notamment dans les zones intertropicales où ses effets se feront sentir avec le plus de

violence et où les ressources disponibles pour s'y adapter sont plus rares. L'Afrique au sud du Sahara pourrait être la plus touchée.

L'adaptation au changement climatique est donc devenue en quelques années une préoccupation aussi importante que la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Elle prend en compte les effets du changement annoncés par les scientifiques dans les différentes régions du globe, la mesure de la vulnérabilité des États, les efforts de prévention des dégradations ou des destructions, les dispositions pour hâter les réparations, la solidarité financière, l'aide technique, etc. Au fond, l'adaptation est un autre nom du développement lui-même, rendu plus difficile par le climat. On voit donc à quel point les politiques de développement doivent prendre en compte l'adaptation au changement climatique. Et c'est pourquoi des travaux comme le rapport VAR nous permettent d'espérer la mise au point d'approches rationnelles et de méthodes reproductibles.

Parmi les fondements du développement que sont la santé, l'instruction, la sécurité, l'un d'entre eux a paru un peu laissé de côté dans les objectifs du millénaire. Il est maintenant au centre des politiques du climat et de l'environnement : c'est l'accès aux énergies modernes, dont est cruellement privée une majorité d'Africains. Il n'y a pas de développement sans un minimum d'énergie qui autorise l'éclairage, la force motrice, la réfrigération, la cuisson des aliments, les télécommunications, l'informatique, etc. La France considère que l'accès aux énergies modernes — et propres — devrait être précisément au cœur de l'effort de solidarité des pays développés envers l'Afrique, car elle autorise à la fois le développement et l'adaptation. Coopérer pour garantir cet accès est l'une de nos propositions pour réussir les négociations sur le climat.

Or les accès à l'énergie de l'Afrique subsaharienne, souvent embryonnaires et fragiles, sont précisément parmi les infrastructures les plus exposées au changement climatique. Toute politique de développement des services énergétiques en Afrique doit donc s'accompagner d'une politique d'adaptation. Comment concevoir cette adaptation ? L'étude VAR d'HELIO International nous propose une série d'indicateurs pertinents pour évaluer la vulnérabilité des systèmes énergétiques de dix pays d'Afrique subsaharienne. Elle se révélera très utile dans la mise au point des négociations internationales sur l'adaptation et dans l'amélioration des futures politiques d'aide au développement.

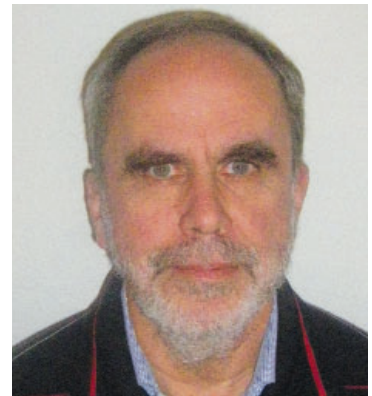
Brice Lalonde  
Ambassadeur français du climat – France



## Un instrument pour définir des approches novatrices

Plus de la moitié des émissions de gaz à effet de serre mondiales sont produites par la combustion de carburants fossiles, le secteur de l'énergie dans son ensemble étant le principal producteur d'émissions de ce type. Toutefois, si le secteur de l'énergie contribue au changement climatique, il est également vulnérable aux impacts dudit changement. On constate une multiplication des catastrophes naturelles interrompant la chaîne de fourniture d'énergie et perturbant les services énergétiques. Dans les pays en développement, qui sont souvent extrêmement dépendants de la biomasse pour leur énergie, la raréfaction des ressources expose plus encore des populations vulnérables. Compte tenu de l'étroite imbrication entre le développement socio-économique et l'accès à l'énergie, il est indubitable que toute approche visant à garantir le développement dans un contexte de changement climatique doit prendre en compte les besoins d'adaptation du secteur énergétique.

Le GTZ agit au nom du ministère allemand pour le Développement économique (BMZ) en vue de fournir de l'assistance technique aux pays en développement partenaires. Notre soutien à HELIO International dans le cadre de la préparation de ce rapport découle d'un intérêt partagé pour l'identification des risques et des besoins du secteur énergétique de la région, sachant que nous sommes toujours à la recherche de nouvelles approches innovantes pour assister nos partenaires dans leurs efforts d'adaptation aux changements climatiques.



Dr. Lorenz Petersen, Directeur du programme de protection du climat pour les pays en développement, GTZ  
Holger Liptow, Directeur adjoint, Energie et transport GTZ



**« Nous devons traiter le climat comme un problème de sécurité, la menace la plus importante pour la sécurité mondiale à laquelle nous ayons jamais eu à faire face. L'énergie est au cœur de cette transition. La sécurité climatique et la sécurité énergétique sont les deux faces d'une même problématique ; l'une ne peut pas être atteinte sans l'autre. »**

– Maurice Strong, ancien Secrétaire général des conférences des Nations unies Stockholm (1972) et Rio (1992)



## Liste des acronymes

ASS	Afrique subsaharienne
BAD	Banque africaine de développement
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone
°C	Degré centigrade
FMI	Fonds monétaire international
G8	Groupe des huit pays les plus industrialisés
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GW	Gigawatt
GWh	Gigawatt-heure
HELIO	Hydro, Eolien, Lumière, Isolation, Organomasse
IPH	Indicateur de pauvreté humaine
km	Kilomètre
kV	Kilovolt
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattheure
MW	Mégawatt
NAMA	National Appropriate Mitigation Action (Actions nationales appropriées d'atténuation des émissions)
NAPA	National Adaptation Plan of Action on Climate Change (Plan national d'actions d'adaptation au changement climatique)
ODM	Objectifs de développement du millénaire
PEM	Politiques et mesures
PIB	Produit intérieur brut
PNB	Produit national brut
PNUD	Programme des Nations unies pour le développement
PV	Photovoltaïque
RDC	République Démocratique du Congo
RNB	Revenu national brut
tep	Tonne d'équivalent pétrole
VAR	Vulnérabilité, Adaptation, Résilience



## Synthèse

Les politiques énergétiques actuelles des pays industrialisés sont essentiellement déterminées par la nécessité de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Toutefois, les mesures adoptées dans le cadre du Protocole de Kyoto en vue de modérer les effets sur le climat de la production d'énergie n'ont pas réussi à prendre en compte les conséquences pleines et entières d'une variabilité climatique de plus en plus importante, notamment les inondations, les sécheresses saisonnières, la multiplication des tempêtes, les glissements de terrain, les vents aux vitesses extrêmes, les conditions glaciaires et les vagues de chaleur. Il est donc nécessaire et urgent de mettre en œuvre des efforts d'adaptation, et ce, non seulement dans des régions géographiquement vulnérables comme le Bangladesh, l'Afrique centrale ou le Tuvalu, mais également, compte tenu de la nature planétaire du changement climatique, partout dans le monde.

En comparaison avec les mesures d'atténuation, pour lesquelles il est devenu habituel de parler en termes de « réduction de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> », l'identification des mesures d'adaptation en est encore à ses balbutiements. Il n'existe pas aujourd'hui de paramètres et d'indicateurs communément acceptés permettant de comparer les besoins d'adaptation et l'efficacité des mesures d'adaptation. *Compte tenu de l'importance de l'énergie pour l'économie et les efforts de développement de tous les pays, il est vital de parvenir à réduire de façon substantielle les vulnérabilités du secteur énergétique lui-même.* Les mesures d'adaptation suggérées doivent également favoriser les objectifs de l'écodéveloppement si l'on souhaite pouvoir les réaliser conjointement avec les Objectifs de développement du millénaire (ODM), c'est pourquoi il convient d'élaborer et de tester *des critères et des indicateurs pour les systèmes énergétiques — c'est-à-dire une métrique —* en vue d'évaluer l'adéquation des mesures proposées.

Ce rapport explicite les raisons pour lesquelles une métrique de la vulnérabilité et de la résilience des systèmes énergétiques est nécessaire, et suggère une méthodologie pour la développer. Il synthétise les incidences prévisibles du changement climatique sur les principaux systèmes énergétiques, et met en exergue les mesures d'adaptation possibles. Il présente également les observations et les analyses résultant d'études ayant effectivement mis en œuvre la métrique développée, réalisées récemment dans dix pays de l'Afrique subsaharienne. Le rapport se conclut par une série de recommandations visant le renforcement de la résilience des systèmes énergétiques.

## Recommandations

### 1. Évaluation et suivi systématiques des systèmes énergétiques en vue de garantir qu'ils sont suffisamment robustes et évolutifs pour s'adapter aux incidences climatiques attendues.

Les décideurs et les bailleurs de fonds concernés devront faire porter leurs efforts avec constance sur la façon de déterminer la pérennité des systèmes énergétiques actuels et futurs par rapport aux évolutions climatiques. Dans la plupart des pays, les informations de base sont très souvent lacunaires, entravant ainsi les possibilités d'une évaluation pertinente et décourageant par là même les investissements.

### 2. Introduction de nouveaux critères d'évaluation des systèmes énergétiques.

Les décisions concernant les systèmes énergétiques — en termes de types de systèmes (énergies fossiles, énergies renouvelables) et en termes de situation géographique — ne peuvent plus être prises en s'appuyant exclusivement sur les outils habituels d'évaluation environnementale et économique ; il est impératif d'y adjoindre une évaluation des problématiques liées au climat et à la pauvreté.

### 3. Élaboration d'une stratégie de moyen à long terme en vue d'assurer un approvisionnement énergétique plus sûr, décentralisé et à faible émission de carbone.

La capacité à gérer les services énergétiques et à garantir l'accès à une énergie propre, efficace et renouvelable constitue la première étape de la construction d'une collectivité résiliente et florissante. Cette stratégie de développement, s'appuyant sur l'évaluation des

vulnérabilités, devra être en mesure de garantir la diversification, la décentralisation et la modernisation des systèmes énergétiques.

**4. Utilisation de la gestion de la demande énergétique comme mesure d'adaptation.**

L'amplitude des effets induits par le climat n'est pas proportionnelle, pour un pays donné, au niveau de ses émissions. L'amélioration de l'efficacité énergétique devrait constituer la pierre angulaire de toute politique énergétique, indépendamment des niveaux de consommation d'énergie du pays concerné. L'évolution d'un modèle habituel d'activité à un modèle où le rendement énergétique constitue un objectif réel réduit, par la même occasion, la nécessité de faire appel à de nouvelles sources d'énergie. Une utilisation plus efficace de l'énergie grâce au déploiement de technologies à haut rendement énergétique favorisera l'abaissement du niveau de vulnérabilité du secteur.

**5. Développement des capacités locales à évaluer et à répondre aux besoins énergétiques dans une perspective climatique.**

La sécurité énergétique d'un pays ne peut pas être garantie tant que les questions plus larges, liées à la façon dont le changement climatique affecte la fourniture, la production et la distribution d'énergie, ne sont pas en mesure d'être traitées localement. Il est donc indispensable de renforcer plus encore l'expertise locale et de la pérenniser au moyen d'efforts de formation continus.

**6. Investissement dans les services écosystémiques qui assurent la production énergétique existante et prévue.**

Les actifs écosystémiques tels que l'eau et la biomasse constituent le fondement des services énergétiques. La disparition rapide de ces ressources réduit les capacités de production des centrales hydroélectriques et thermiques, fragilise l'exploitation minière, et prive des millions de foyers de leur principale source d'énergie.

**7. Mises en place de procédures de transfert technologique et de financement transparentes.**

La quasi-totalité des pays concernés par cette enquête est de plus en plus dépendante d'importations de pétrole. Simultanément, la crise financière a vu la suppression de nombreuses aides accordées à plusieurs pays d'Afrique subsaharienne, ce qui a encore retardé leur progression vers la plupart des Objectifs de développement du millénaire (ODM). En vue de renforcer la capacité de ces pays à faire face, la résilience doit être intégrée au sein du secteur énergétique grâce au développement de systèmes énergétiques diversifiés faisant appel à des ressources sur le sol national. Pour ce faire, il convient toutefois d'obtenir l'injection de capitaux vers des cibles stratégiques. Il convient également de surmonter le scepticisme concernant les transferts technologiques. Dans ce cadre, une régulation systématique, juste et transparente des modes de transfert constitue certainement l'un des moyens de créer la confiance.

**8. Développement d'une gouvernance énergétique participative en vue d'obtenir des informations de première main concernant les besoins énergétiques réels et afin de mobiliser le soutien nécessaire de la part des bénéficiaires.**

De nombreux projets échouent en raison d'une mauvaise évaluation des futurs besoins énergétiques. On observe également fréquemment un déficit de soutien populaire, particulièrement lorsque le développement énergétique implique de déplacer des populations. La diversification des systèmes énergétiques constitue néanmoins un facteur clé si l'on souhaite atteindre un bon niveau de résilience du système énergétique national. La consultation et la participation des usagers finaux se révèlent alors cruciales pour s'assurer que le système envisagé répond aux besoins énergétiques ainsi qu'aux besoins plus généraux de la collectivité.

## Le contexte

Le changement climatique n'est pas un phénomène isolé ; il est le résultat de nombreux facteurs convergents qui interagissent de différentes façons, créant ainsi pour l'humanité un nouveau défi sans précédent en terme de complexité et de gravité.

Selon la Stratégie internationale pour la prévention des catastrophes des Nations unies, les phénomènes météorologiques et climatiques ont représenté 71 % des catastrophes naturelles à grande échelle durant la période 1995 à 2005. De plus, l'occurrence de ces catastrophes a pratiquement doublé durant la même période (SIPC 2008). En dépit du fait qu'un meilleur signalement de ces phénomènes a certainement participé à l'accroissement constaté, les tempêtes, les sécheresses et les pluies intenses mentionnées lors de la Quatrième évaluation du GIEC suggèrent clairement que nous ne devrions pas être surpris d'observer une évolution de plus en plus rapide de l'amplitude et des effets de ce type de catastrophes (GIEC 2007).

Dans ce contexte, le concept d'approche « anti-risque climatique » doit évoluer d'une démarche de *protection des activités humaines* des conditions climatiques extrêmes, vers une démarche de *réduction de l'exposition* aux incidences du changement climatique.<sup>1</sup> C'est pourquoi ce que nous pouvons et devons faire consiste à déterminer et à réduire de façon systématique les vulnérabilités par rapport aux risques identifiés. Compte tenu du rôle de l'énergie — et en particulier des énergies propres et à haut rendement — pour le développement économique, il est vital de parvenir à diminuer les vulnérabilités d'un système énergétique en identifiant puis en mettant en œuvre les différentes mesures permettant d'en accroître la résilience.

## Logique

Nous disposons, depuis ces dix dernières années, de nouvelles données sur le rôle fondamental que joue la résilience des systèmes énergétiques dans la prospérité des sociétés.<sup>2</sup> Un nombre croissant d'études a révélé la liaison étroite existant entre résilience, diversité et viabilité des systèmes écologiques et sociaux (UICN 2008, EM 2005). De plus, le changement climatique, lorsqu'il se greffe à la pauvreté, exacerbe les problèmes sociaux et environnementaux existants. *Quelles que soient les menaces pesant sur la viabilité des écosystèmes, elles représentent, au bout du compte, une menace pour les sociétés humaines, et au premier chef pour ceux qui comptent directement sur les ressources naturelles pour assurer leur subsistance.*

Le changement climatique a également des effets directs sur la demande et sur l'offre de services énergétiques ; d'ailleurs les systèmes et les équipements énergétiques sont déjà soumis à des variations substantielles de température et d'autres paramètres climatiques. Le changement climatique est également susceptible d'avoir des effets indirects sur n'importe quel sous-ensemble du secteur énergétique. Une modification de l'offre d'électricité peut, par exemple, avoir des effets sur la distribution d'énergie, et en conséquence sur les services énergétiques offerts aux usagers.

Toutefois, les politiques énergétiques sont essentiellement inspirées par la nécessité de limiter les émissions de gaz à effet de serre. De plus, les mesures adoptées dans le cadre du Protocole de Kyoto en vue de modérer les effets sur le climat dus à la production d'énergie n'ont pas réussi à prendre en compte les conséquences attendues d'une variabilité climatique de plus en plus importante.<sup>3</sup> C'est la raison pour laquelle le mot d'ordre est aujourd'hui l'adaptation, et ce, non seulement dans les pays géographiquement vulnérables, mais également, de façon croissante, sous des latitudes connaissant habituellement un environnement climatique plus stable et plus modéré.

.....

1 En s'appuyant sur la recherche d'une exposition moindre, la définition d'une approche anti-risques climatiques caractérise désormais un processus et non plus un état final, ce qui permet, même si l'objectif peut être inatteignable, la mise en œuvre de mesures opérationnelles efficaces visant à atteindre un objectif qui est, lui, parfaitement atteignable, à savoir un niveau de protection, c'est-à-dire d'adaptation, accru de la société (Glantz 2006).

2 Même si les normes d'utilisation de l'énergie prévalant dans les pays industrialisés ne doivent pas devenir un standard mondial et constituer en conséquence un objectif à atteindre pour les pays en développement, il n'en demeure pas moins qu'un certain niveau d'accès de l'énergie abordable est à la fois approprié et indispensable.

3 <http://data.ukcip.org.uk/resources/publications/documents/4.pdf>

**La résilience du système énergétique d'un pays s'appuie sur au moins deux éléments fondamentaux : ses capacités d'adaptation et son niveau d'écodéveloppement.**

Compte tenu de l'importance de l'énergie dans l'économie et dans la poursuite de l'écodéveloppement<sup>4</sup>, il est vital de réduire les vulnérabilités du secteur énergétique. Les systèmes énergétiques se doivent d'être adaptés pour résister au changement climatique attendu et à ses effets. Cet objectif peut être atteint en augmentant la résilience d'un système énergétique, par exemple en renforçant ses équipements techniques, en diversifiant ses sources d'approvisionnement en énergie, en localisant de façon plus appropriée ses équipements énergétiques, en développant ses relations avec d'autres régions, en planifiant la préparation aux catastrophes, en gérant la demande et en investissant dans l'évolution technologique — énergies renouvelables, amélioration du rendement énergétique, gestion énergétique — en vue de développer plus avant le portefeuille des options disponibles. Étant donné la faible rotation du capital dans le secteur de l'énergie et la durée de vie importante des équipements, il est fondamental que les fournisseurs d'énergie, les décideurs et les citoyens soient bien informés des incidences possibles du changement climatique sur le secteur de l'énergie afin que les mesures d'atténuation et d'adaptation requises puissent être prises.

Malheureusement, lors des discussions au niveau national sur l'avenir énergétique, le sujet est traditionnellement abordé essentiellement sous l'angle de la sécurité d'approvisionnement énergétique et des moyens de l'améliorer. Les politiques formulées autour du contexte plus large de la réduction de la vulnérabilité des systèmes énergétiques au moyen de stratégies d'écodéveloppement intégrées, c'est-à-dire traitant simultanément des problèmes environnementaux, sociaux, économiques, techniques et civiques, sont assez peu nombreuses.

## Approche

En vue de mieux appréhender le meilleur moyen de susciter et de pérenniser des synergies positives, HELIO a développé une méthodologie simple et transparente ainsi qu'un ensemble d'indicateurs visant à évaluer la vulnérabilité et la résilience des systèmes énergétiques nationaux au changement climatique. En appliquant les indicateurs aux systèmes énergétiques, HELIO cherche à favoriser l'identification de politiques et de mesures (P&M) les mieux à même de faciliter et de soutenir les activités d'adaptation.

L'Afrique étant l'un des continents les plus vulnérables vis-à-vis du changement et de la variabilité climatiques (GIEC, Groupe de travail II), cette région a été choisie comme premier « terrain d'essai ». Une recrudescence de l'assistance au niveau national, régional et international, notamment le développement d'un certain nombre d'initiatives par les pays du G8 et par d'autres pays en vue d'améliorer l'accès à l'énergie, offre une incitation supplémentaire pour l'utilisation de ces indicateurs. Les bénéficiaires doivent en effet s'assurer que les systèmes énergétiques proposés sont en mesure de supporter les impacts du changement climatique, et doivent à cet effet déterminer leur vulnérabilité systémique et identifier les outils permettant d'accroître leur résilience.

.....

4 L'écodéveloppement est devenu le « développement viable » à tort appelé « durable » (DD) avec la publication du rapport Brundtland en 1987. La notion abstraite d'écodéveloppement peut-être subdivisée en trois ensembles distincts d'activité visant : (1) à satisfaire les besoins humains fondamentaux ; (2) à créer des collectivités qui établissent des normes, des droits et des comportements collaboratifs constituant un prérequis pour la participation au développement social et économique ; et (3) à traduire en actions à mettre en œuvre aujourd'hui les besoins plus abstraits des générations futures. Une définition synthétique du concept de l'écodéveloppement est proposée par l'Organisation pour la coopération économique et le développement (OCDE) :

« Le concept d'écodéveloppement fait référence à un développement régional et local réalisé en cohérence avec les potentiels de la région concernée et en accordant l'attention requise à une exploitation adéquate et rationnelle des ressources naturelles, des styles technologiques et des formes organisationnelles, s'effectuant dans le respect des écosystèmes naturels et des schémas sociaux et culturels locaux. Ce terme est également utilisé pour décrire une approche intégrée de l'environnement et du développement. »

Voir <http://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=710>



Ce rapport présente la logique permettant d'analyser des systèmes énergétiques dans un contexte de changement climatique et détaille deux ensembles possibles d'indicateurs. Les résultats de l'application de ces deux ensembles d'indicateurs pour les dix pays d'Afrique subsaharienne<sup>5</sup> et pour leurs systèmes énergétiques y sont présentés sous forme de synthèse.<sup>6</sup>

## Processus

Ces travaux ont été conduits par des analystes locaux spécialistes de l'énergie, issus des milieux universitaires et de la recherche, et des secteurs publics et privés.<sup>7</sup> Un atelier méthodologique s'est tenu au lancement du projet pour présenter l'approche et vérifier que chaque analyste comprenait la méthode de calcul des indicateurs et la façon d'interpréter les résultats. Un plan détaillé de la façon dont le rapport devait être rédigé a également été distribué. Chaque rapport a été rédigé individuellement par l'observateur-reporter et revu par le coordinateur régional et par les équipes d'HELIO. Compte tenu des variations importantes rencontrées quant à la disponibilité et à la qualité des données dans les différents pays, les analystes ont dû prendre des décisions personnelles concernant les meilleurs ensembles de données à utiliser, la façon de les utiliser et le contexte dans lequel les utiliser pour calculer un indicateur de remplacement.

### ◆ Précision importante

Étant donné sa nature préliminaire, ce travail présente un certain nombre de variations entre les différents rapports en termes de cueillette, de qualité et d'analyse des données, et, dans certains cas, d'interprétation de la définition précise d'un indicateur. La standardisation des données pour l'ensemble des dix pays s'est révélée particulièrement délicate. Les différences existant dans la nature des données disponibles dans chaque pays et dans la forme sous laquelle elles étaient présentées, auxquelles est venue s'ajouter la complexité des conventions de quantification, ont rendu leur harmonisation complète impossible, compte tenu des ressources disponibles. En dépit de ces difficultés, les rapports fournissent un bon aperçu préliminaire des principales vulnérabilités auxquelles ces pays doivent faire face, et présentent des options permettant d'accroître leur résilience énergétique.

Ferme d'éoliennes, Zafarana, Egypte –  
Hélène Connor



## Dix pays d'Afrique subsaharienne ont participé au test des indicateurs VAR

Bénin  
Burkina Faso  
Cameroun  
Kenya  
Mali  
Nigeria  
Ouganda  
République  
démocratique  
du Congo  
Sénégal  
Tanzanie

5 Ce travail s'appuie sur les résultats initiaux présentés dans le document : *Évaluation préliminaire de la résilience des systèmes énergétiques et des écosystèmes de dix pays africains* (HELIO 2007). Sept des dix pays ayant participé aux travaux VAR faisaient déjà partie de l'évaluation de 2007 ; le Bénin, le Cameroun et le Kenya ont été ajoutés à ce dernier projet pour compléter l'équilibre régional.

6 Les rapports nationaux peuvent être consultés à l'adresse : [www.helio-international.org](http://www.helio-international.org).

7 Voir l'Annexe 2 pour la liste des analystes et de leurs coordonnées.

# Pourquoi il est nécessaire d'évaluer la vulnérabilité et la résilience des systèmes énergétiques

Au début des années 90, les pouvoirs publics ont développé des politiques climatiques au niveau mondial, et ce processus a été dominé par des politiques et des mesures de réduction des émissions, c'est-à-dire d'atténuation ou mitigation. Ce n'est qu'avec le lancement des négociations sur le régime de politiques climatiques postérieures à 2012 que les mesures d'adaptation ont été traitées sur un pied d'égalité avec les activités d'atténuation.<sup>8</sup>

## L'évaluation des vulnérabilités comprend :

- L'identification des éléments permettant à un système de fonctionner au quotidien ;
- L'évaluation des vulnérabilités inhérentes aux éléments identifiés ;
- L'évaluation de la façon dont les interactions entre ces éléments se répercutent sur la vulnérabilité du système ;
- La détermination de solutions pour améliorer les capacités du système à faire face à des situations de crise, sous forme par exemple d'adaptations.

(Dalziell *et al.* 2009)

S'il est devenu habituel depuis de nombreuses années d'évaluer l'atténuation en termes de « réduction de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> », l'évaluation des mesures d'adaptation en est, quant à elle, à ses balbutiements (Stratus Consulting et CCNUCC 2005). Il n'existe pas non plus, par exemple, de paramètres et d'indicateurs communément acceptés (Tyndall Centre 2004, USAID 2007) pour la comparaison des besoins d'adaptation et de l'efficacité des mesures correspondantes.<sup>9</sup>

HELIO International a donc développé une méthodologie et une série d'indicateurs pour mesurer la résilience des systèmes énergétiques. Ces travaux s'appuient sur l'évaluation préliminaire déjà réalisée par HELIO concernant la résilience énergétique et écosystémique en Afrique subsaharienne (HELIO 2007).

Les indicateurs Vulnérabilité – Adaptation – Résilience Énergétique (VAR) mesurent :

1. La vulnérabilité des systèmes énergétiques ;
2. L'efficacité des efforts d'adaptation dans le secteur énergétique.

Ces indicateurs ont été mis au point en cohérence avec le principe d'HELIO selon lequel la métrique sous-jacente, c'est-à-dire la mesure ou la statistique effectivement utilisée, devait en général être disponible pour la majorité, si ce n'est pour l'ensemble, des pays. Si des calculs sont nécessaires pour obtenir un indicateur, il convient qu'ils soient aussi simples que possible.

De plus, les indicateurs eux-mêmes doivent :

- Être clairement définis et faciles à comprendre afin d'être communiqués sans ambiguïté aux citoyens comme aux décideurs ;
- Être pertinents par rapport aux politiques actuelles ou attendues ;
- Représenter un aspect fondamental des paramètres sociaux, économiques, techniques ou civiques du système énergétique ;
- Mesurer un élément possédant une valeur évidente pour les observateurs et les décideurs ;

8 Le Fonds pour l'adaptation, financé par une taxe sur les projets s'inscrivant dans le cadre du Mécanisme de développement propre (MDP), a été créé début 2008.

9 Des mesures possibles de l'adaptation pourraient être le nombre d'années de vie épargnées ajusté en fonction de l'incapacité, et la valeur des biens protégés. Toutefois, il pourrait se révéler extrêmement difficile de définir des valeurs de référence concernant les impacts du changement climatique en l'absence de mesures d'adaptation.

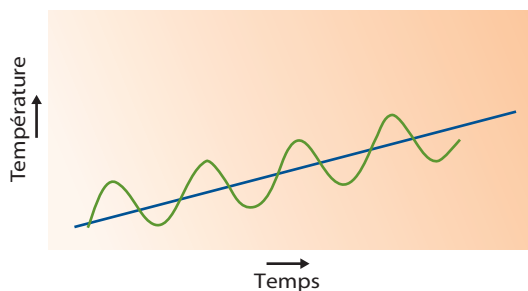
- Faire preuve de polyvalence, de capacité à s'inscrire dans la durée et de pertinence à long terme.

## Impacts sur les systèmes énergétiques induits par le climat et vulnérabilités associées

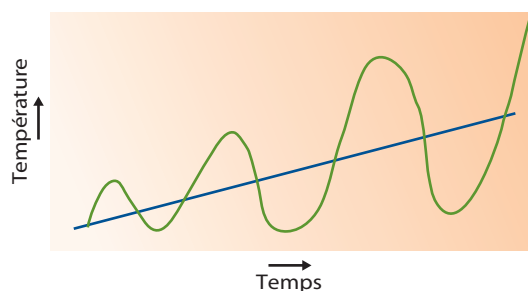
Le changement climatique est susceptible d'avoir des impacts diversifiés. La moyenne des différents paramètres climatiques ainsi que la fréquence des événements météorologiques extrêmes sont par exemple susceptibles d'évoluer. De plus, ces impacts peuvent s'appliquer à d'autres paramètres climatiques comme les précipitations, la vitesse du vent et l'ensoleillement. Selon les résultats des études connues à ce jour, les températures et la vitesse du vent devraient, en toute probabilité, s'accroître dans la plupart des régions ; les précipitations et l'ensoleillement pourraient, quant à eux, s'accroître ou diminuer.

**Figure 1 : Évolution des paramètres météorologiques due au changement climatique.**

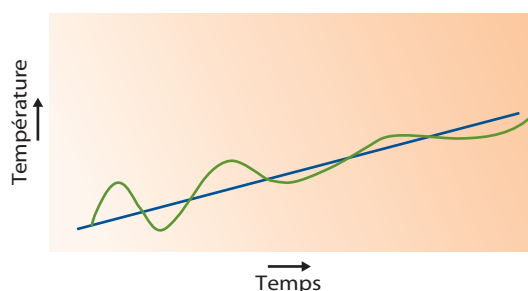
### 1. Accroissement des températures moyennes sans modification de leur variabilité.



### 2. Accroissement des températures moyennes et accroissement de leur variabilité.



### 3. Accroissement des températures moyennes et diminution de leur variabilité.



Plus la variabilité s'accroît, plus les effets deviennent importants. Toutefois, même si la variabilité diminue, il y aura des impacts si les paramètres météorologiques dépassent le seuil calculé au moment de la conception d'une infrastructure donnée.

Les effets peuvent être directs ou indirects, ces derniers étant fréquemment plus marqués. Un accroissement des températures a, par exemple, peu de chances de détruire une infrastructure énergétique. Par contre, la fonte des glaciers entraînée par la croissance des températures peut avoir des répercussions négatives sur les systèmes de production hydroélectrique en termes de dommages aux infrastructures, sous la forme d'inondations et d'envasement, et en termes d'incidence sur les capacités de production.

Le tableau 1 fournit un aperçu des impacts directs et indirects des variations des variables météorologiques. Il indique également différents effets croisés, c'est-à-dire les interactions entre plusieurs impacts.

**Tableau 1 : Exemples d'impacts directs et indirects des changements dans les variables météorologiques.**

Changement direct	Impacts directs	Impacts indirects	Effets croisés
Accroissement des températures	Vague de chaleur	Accroissement en demande d'électricité	
	Fonte des glaciers	Court terme : Accroissement des débits fluviaux Long terme : Diminution des débits fluviaux	Sécheresses/ Inondations
		Formation de lacs morainiques avec à la clé des débordements ultérieurs et la rupture des structures de rétention	Inondations
		Élévation du niveau de la mer	Inondations
	Accroissement de l'évaporation <sup>10</sup>	Diminution des débits fluviaux	Sécheresses
	Cyclones plus puissants/ tempêtes		Inondations
Accroissement des précipitations	Inondations		
Diminution des précipitations	Sécheresses		
Accroissement de la couverture nuageuse	Accroissement de l'évaporation	Diminution des débits fluviaux	Sécheresses
Accroissement de la couverture nuageuse	Accroissement de l'évaporation	Accroissement des débits fluviaux	Inondations

Les modifications des variables météorologiques auront un impact sur la transmission et l'utilisation de l'énergie, indépendamment de la façon dont elle est produite. Des événements extrêmes pourraient accroître le risque de destruction des lignes de transmission et, en conséquence, réduire la demande en raison de l'élimination physique des entités consommatrices, c'est-à-dire les industries, les entreprises et les ménages.

.....  
<sup>10</sup> S'il est vrai que le taux d'évaporation dépend de la vitesse du vent, de l'humidité et de la température, c'est ce dernier facteur qui en constitue la cause déterminante.



**Tableau 2 : Exemples d'impacts directs et indirects du climat sur les systèmes électriques.**

Changement dans les variables météorologiques	Impacts sur la transmission d'électricité	Impacts sur l'utilisation d'électricité
Accroissement des températures	Quelques-uns	Accroissement des besoins de refroidissement important Diminution si l'élévation du niveau de la mer entraîne le déplacement de populations et de productions industrielles
Diminution de la couverture nuageuse	Aucun	Accroissement des besoins d'éclairage
Accroissement de la couverture nuageuse	Aucun	Accroissement des besoins d'éclairage
Accroissement de la fréquence et/ou de la force des tempêtes et des cyclones	Panne ou endommagement des lignes de transmission	Diminution de la demande en raison de la destruction des habitations et des usines
Inondations	Panne des équipements de transmission partant de centrales électriques inondées	Diminution importante de la demande en raison des interruptions de production dans les usines inondées et des arrêts de la consommation d'électricité dans les habitations inondées
Sécheresses	Risque de destruction des lignes de transmission due aux feux de forêt	Petite diminution de la demande en raison des interruptions de la production des usines dont la fourniture en matières premières a été fortement réduite, et des arrêts de la consommation d'électricité dans les habitations des personnes fuyant les zones de sécheresse

## Paramètres météorologiques

Pour lancer le processus devant permettre d'identifier les mesures nécessaires à l'accroissement de la résilience des systèmes énergétiques, il importe de comprendre la façon dont l'évolution des paramètres météorologiques perturbe les différents systèmes de production énergétique.

## Combustibles provenant de ressources minières

Les systèmes énergétiques actuels s'appuient essentiellement sur des combustibles fossiles — qu'ils soient solides comme le charbon, liquides comme le pétrole ou gazeux — ainsi que sur l'uranium. L'extraction de ces combustibles fossiles ainsi que leur utilisation sont susceptibles de subir les effets du changement climatique.

**Tableau 3 : Impacts du changement climatique sur les systèmes énergétiques à base de combustibles fossiles ou d'uranium.**

Changement dans les variables météorologiques	Impacts sur la disponibilité du combustible	Impacts sur la production d'énergie
Accroissement des températures	Aucun changement sauf si les pipelines sont endommagés par la fonte du permafrost	Diminution du rendement des centrales électriques en raison de l'élévation de la température des eaux de refroidissement
Accroissement des précipitations moyennes	Diminution de la qualité du charbon en raison d'un taux d'humidité plus important dans le charbon en provenance des mines à ciel ouvert après l'extinction de feux dans les filons houillers	Aucun changement
Diminution des précipitations moyennes	Diminution due à une probabilité plus élevée de feux dans les filons houillers	Aucun changement
Sécheresses	Diminution due à un manque d'eau nécessaire pour le conditionnement de l'air et l'exploitation des mines	Diminution due à une moindre disponibilité d'eau de refroidissement
Fonte des glaciers	Aucun changement	Accroissement à moyen terme (pour les centrales électriques situées à proximité des glaciers) en raison de la baisse de la température et d'une disponibilité accrue d'eau de refroidissement Diminution à long terme une fois que les glaciers auront disparu
Inondations	Diminution si les inondations touchent les mines	Diminution si la centrale est inondée ou si l'approvisionnement en combustible n'est plus possible
Accroissement de la fréquence et/ou de la force des tempêtes et des cyclones	Diminution si les tempêtes affectent les équipements d'extraction minière vulnérables tels que les plates-formes pétrolières en mer ou les équipements d'excavation pour les mines à ciel ouvert	Diminution si les équipements sont détruits ou si la disponibilité du combustible est réduite

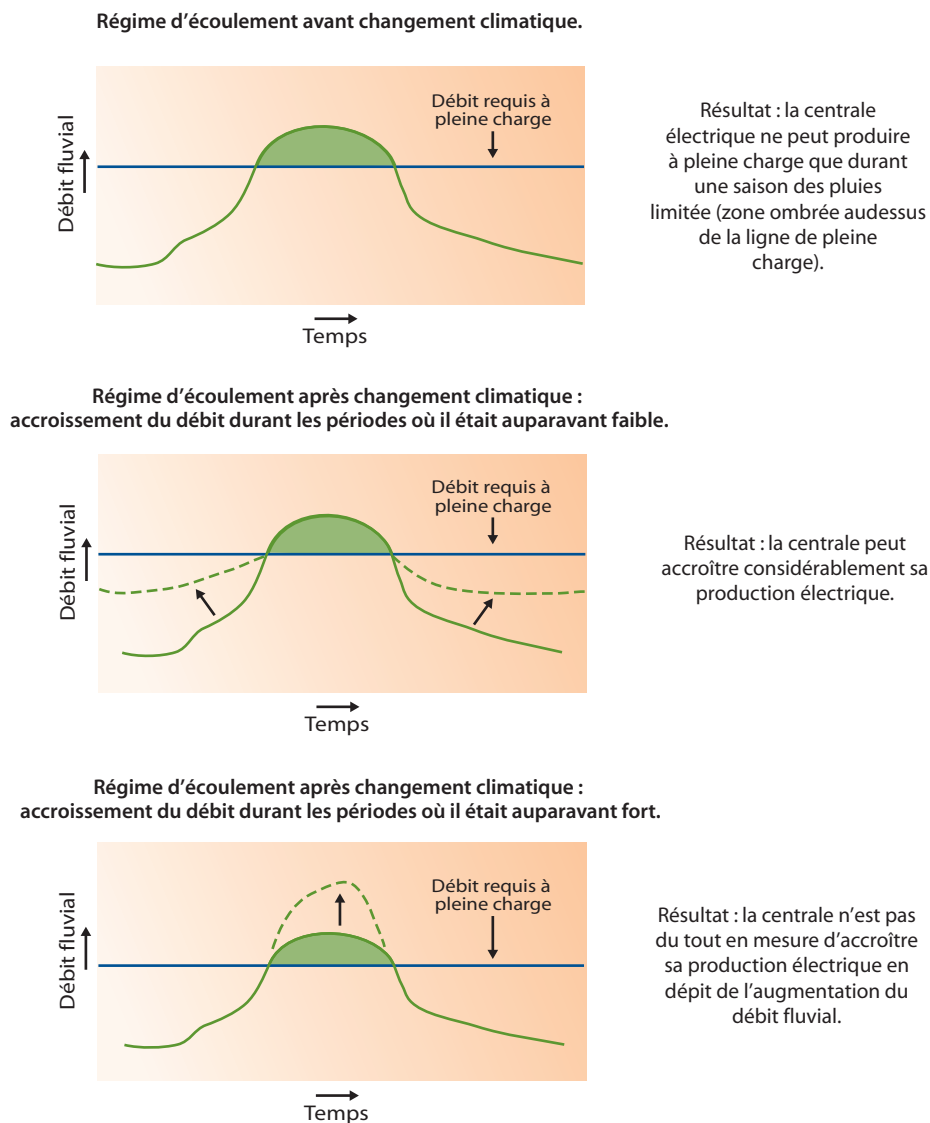
## Énergie hydroélectrique

L'électricité d'origine hydroélectrique peut être produite dans des centrales dont les capacités varient de quelques kilowatts à plusieurs gigawatts. L'emplacement de ces centrales est habituellement choisi en fonction de mesures de débits fluviaux multidécennales.

La modification de la moyenne des précipitations aura un effet sur les débits fluviaux. Toutefois, l'incidence précise sur la production hydroélectrique dépendra des caractéristiques propres de chacune des centrales. En effet, si les centrales dotées de réservoirs de grande taille sont en mesure de réguler les variations du débit fluvial, les centrales installées au fil de l'eau dépendent directement

du débit effectif. La variation effective de la production hydroélectrique sera donc fortement liée au régime d'écoulement et au taux d'utilisation du débit fluvial comme cela est illustré à la figure 2.

**Figure 2 : Scénarios pour l'exploitation du débit fluvial en vue de la production d'hydroélectricité et modifications du régime d'écoulement qui s'ensuivent (en supposant que les glaciers et les réservoirs restent stables).**



Habituellement, les centrales hydroélectriques sont en mesure, grâce à l'ouverture de vannes de décharge et à l'interruption des turbines, de supporter les inondations. Les occurrences de destruction de centrales électriques ou de barrages par des inondations sont rares. Elles sont donc moins sujettes aux incidences des inondations que les autres types de centrales électriques, en supposant qu'elles ont été bien conçues et qu'elles sont situées dans des régions qui ne sont pas exposées aux glissements de terrain, en dépit du fait que les réservoirs peuvent se remplir de débris et de vase, réduisant par là même leur capacité de production à long terme.

Les centrales hydroélectriques étant habituellement construites sur des structures solides, une augmentation de la fréquence ou de la force des tempêtes et des cyclones ne devrait accroître que marginalement leur risque de destruction.

## Énergie verte

La biomasse se présente sous différentes formes. Elle peut être utilisée pour produire de la chaleur dans des appareils décentralisés de petite taille comme des cuisinières domestiques, ou pour produire de l'énergie électrique dans des centrales de plusieurs mégawatts de capacité. La biomasse peut provenir des forêts ou de résidus agricoles.<sup>11</sup>

Le tableau 4 illustre les incidences du changement climatique sur la disponibilité de la biomasse ainsi que sur les installations de production d'énergie verte.

**Tableau 4 : Impacts du changement climatique sur les systèmes énergétiques fonctionnant à l'énergie verte.**

Changement dans les variables météorologiques	Impacts sur la disponibilité de la biomasse	Impacts sur la production d'énergie
Accroissement des températures	Accroissement sous réserve qu'un déficit d'autres ressources ne limite pas le développement de la centrale MAIS Diminution si les végétaux atteignent un seuil biologique de tolérance à la chaleur, ou si l'élévation du niveau de la mer réduit les zones où ils peuvent se développer	Diminution si la centrale est touchée par l'élévation du niveau de la mer, autrement les impacts dépendent de la disponibilité de la biomasse
Accroissement des précipitations moyennes	Accroissement si l'accroissement a lieu durant la saison de pousse	Accroissement
Diminution des précipitations moyennes	Diminution sauf si la diminution a lieu en dehors de la saison de pousse	Diminution
Sécheresses	Diminution	Diminution
Fonte des glaciers	Dépendent de la situation des glaciers par rapport aux limites actuelles et futures des neiges éternelles Si la biomasse est irriguée : Accroissement à court et à moyen terme Diminution à long terme Sinon, aucun changement	Dépendent de la disponibilité
Inondations	Diminution si les inondations touchent des zones où la biomasse est collectée	Diminution si la centrale est inondée ou si la disponibilité de la biomasse est réduite
Accroissement de la fréquence et/ou de la force des tempêtes et des cyclones	Diminution si les tempêtes touchent des zones où la biomasse est collectée	Diminution si les équipements sont détruits ou si la disponibilité de la biomasse est réduite

11 Il est également possible de disposer de plantations de biomasse dédiées ; toutefois, cette situation est plutôt rare compte tenu des coûts financiers et politiques élevés qu'elle induit.



## Énergie éolienne

L'énergie éolienne est en général exploitée de façon décentralisée dans des emplacements choisis pour les vitesses du vent moyennes élevées qu'ils présentent.<sup>12</sup> Toutefois, le changement climatique peut avoir des effets sur la vitesse du vent et donc sur la production d'électricité.

- Un accroissement de la vitesse moyenne du vent entraîne un accroissement de la production d'électricité (sauf si l'accroissement de vitesse ne se produit que pour les catégories de vitesse du vent les plus élevées).
- Une diminution de la vitesse du vent entraîne une diminution de la production d'électricité.
- Un accroissement de la vitesse du vent élevées entraîne un accroissement de la durée pendant laquelle les turbines éoliennes sont arrêtées, et donc une diminution de la production d'électricité ainsi qu'un accroissement des probabilités de destruction de la turbine.

## Énergie solaire

À l'image de l'énergie éolienne, l'énergie solaire est habituellement exploitée de façon décentralisée et dans des emplacements choisis pour leur niveau d'ensoleillement moyen élevé. Des modifications de la couverture nuageuse se répercutent sur la production d'électricité. Si les cellules photovoltaïques et les chauffe-eau solaires sont en mesure de produire de l'électricité même avec un certain degré de couverture nuageuse, les applications thermiques utilisant des miroirs nécessitent une lumière solaire intégrale. De plus, le rendement de la production électrique solaire décroît avec l'accroissement des températures ambiantes.<sup>13</sup>

- Un accroissement des températures entraîne une diminution de la production d'électricité.
- Un accroissement de la force et/ou de la fréquence des tempêtes et des cyclones entraîne un accroissement du risque de destruction des équipements de production d'énergie solaire.

## Mesures d'adaptation pour les systèmes énergétiques

Les mesures d'adaptation peuvent être réparties entre mesures techniques, concernant les infrastructures, et réponses sociales en termes de comportements.

- Les adaptations techniques s'efforcent de rendre les infrastructures invulnérables aux évolutions à long terme des variables météorologiques et aux événements extrêmes.
- Les adaptations comportementales visent à adapter l'exploitation des infrastructures, qu'elles soient nouvelles ou existantes, et l'emplacement des nouvelles infrastructures, en vue de minimiser les dommages potentiels.

.....

12 Habituellement, les vitesses du vent sont mesurées pendant plusieurs années avant que les investisseurs n'installent une turbine éolienne.

13 Le couple température idéale / production optimale d'un panneau PV a été calculé comme étant de 25 °C et 1 000 W/m<sup>2</sup>, la production diminuant lorsque la température dépasse 25 °C. La valeur de cette diminution dépend de plusieurs facteurs, notamment la température ambiante, les radiations solaires, et d'autres paramètres liés au climat et à la fabrication du panneau solaire.

Les turbines éoliennes commencent à produire de l'électricité à partir d'une certaine vitesse du vent, l'énergie disponible dans le vent étant proportionnelle au cube de sa vitesse. À partir d'une certaine vitesse maximale du vent, la turbine s'arrête automatiquement pour prévenir tout dommage éventuel ; les turbines modernes peuvent supporter des vitesses du vent allant jusqu'à 70 m/s avant d'être affectées.

**Tableau 5 : Les adaptations techniques et comportementales.**

Système énergétique	Adaptation technique	Adaptation comportementale
Combustibles provenant de ressources minières	Amélioration de la robustesse des installations minières Une mesure particulièrement importante pour : – Les installations <i>offshore</i> , qui sont vulnérables aux tempêtes – Les mines à ciel ouvert et souterraines, qui sont vulnérables aux inondations et au manque d'eau <sup>14</sup>	Installation des futures mines dans des zones présentant une exposition limitée aux risques d'inondation ou de sécheresse
		Les centrales électriques doivent être installées dans des emplacements permettant un accès à de grandes quantités d'eau de refroidissement à basse température
		Remplacement des systèmes de refroidissement à eau par des systèmes de refroidissement à air
Hydroélectricité	Construction de vannes de désengorgement pour libérer les réservoirs envasés	Mise en œuvre de modifications dans l'exploitation de la centrale pour prendre en compte l'évolution des schémas de débit fluvial
	Accroissement de la hauteur du barrage et agrandissement des vannes de décharge, pour s'adapter à l'accroissement de la variabilité et des valeurs extrêmes du débit fluvial	
	Gestion des terres amont en vue de réduire l'érosion potentielle et l'envasement du barrage	
	Extension des capacités de production installées en vue de s'adapter à l'accroissement du régime d'écoulement <sup>15</sup>	
Biomasse	Utilisation de cultures présentant une tolérance biologique à la chaleur et une tolérance au stress hydrique supérieures aux cultures actuelles	Mise en œuvre de systèmes d'alerte précoce en cas d'anomalie dans les chutes de pluie ou les températures
	Extension des systèmes d'irrigation ou amélioration de l'efficacité de l'irrigation existante pour contrecarrer les effets de la sécheresse <sup>16</sup>	Soutien à une récolte d'urgence de la biomasse en cas d'événement extrême imminent
	Protection contre les inondations grâce à la construction de digues et à l'amélioration du drainage	Mise en place de mécanismes d'assurance pour les cultures
	Renforcement de la robustesse de la construction des centrales électriques vertes situées dans des régions sujettes aux tempêtes	Implantation des centrales électriques vertes dans des zones moins sujettes aux inondations et aux tempêtes

.....

14 L'eau est nécessaire à l'exploitation minière.

15 S'applique aux régions qui connaissent un accroissement des débits en raison de la fonte des glaciers, et lorsque l'accroissement des niveaux a toutes les chances de perdurer durant la vie technique des capacités de production supplémentaire du système.

16 Sous réserve que l'eau soit disponible en quantité suffisante en provenance de sources situées à l'extérieur de la région touchée par la sécheresse, ou si des ressources d'eau non conventionnelles comme de l'eau de mer dessalée ou de l'eau fossile sont utilisées.

Système énergétique	Adaptation technique	Adaptation comportementale
Vent	Construction de turbines pouvant exploiter et supporter physiquement des vitesses de vent plus élevées	Prise en compte, dans le cadre des procédures de choix des emplacements, des modifications attendues des vitesses de vent durant toute la durée de vie des turbines
		Prise en compte, dans le cadre des procédures de choix des emplacements, de l'élévation du niveau de la mer et des variations de débits fluviaux
		Développement de mécanismes d'assurance pour les rendements à long terme des éoliennes et les dommages causés par les tempêtes <sup>17</sup>
		Disponibilité rapide d'équipes d'intervention d'urgence pour réparer dans les meilleurs délais les turbines endommagées
Solaire	<i>Les possibilités d'adaptation technique sont limitées, compte tenu du fait que les panneaux solaires ne peuvent pas être plus robustes que la construction sur laquelle ils sont situés.</i>	Choix de l'emplacement des panneaux à partir des modifications attendues de la couverture nuageuse
		Conception de centrales à concentrateurs solaires (CS) importantes suffisamment robustes pour supporter la plupart des tempêtes
		Pour les systèmes solaires distribués : disponibilité d'équipes de réparations mobiles permettant la remise en fonctionnement des systèmes après des dommages causés par des événements extrêmes

Les mesures d'adaptation prises pour différentes formes d'énergie peuvent, de temps à autre, interagir. Un programme de fonctionnement amélioré pour une centrale hydroélectrique est par exemple susceptible d'entrer en conflit avec un programme d'irrigation amélioré pour un système amont. De la même façon, le désengorgement des réservoirs peut avoir des effets négatifs sur la disponibilité de l'eau d'irrigation en aval. La précipitation dont font preuve les constructeurs de centrales électriques pour réclamer des sites présentant des risques d'inondation limités pourra entraîner une diminution du nombre de sites adaptés dans le futur.

.....

<sup>17</sup> Cela nécessitera des statistiques de qualité en provenance des informations climatiques sur les variations des vitesses du vent et les événements extrêmes de type tempête (y compris des prévisions).

Transport sur le Nil en Nubie, Assouan, Egypte – *Hélène Connor*; Autobus local propre, Deir El Bahari, Egypte – *Hélène Connor*





# Analyse au niveau des pays

## Le défi de la pauvreté en Afrique subsaharienne

Les pays qui composent l'Afrique subsaharienne (ASS) représentent une population estimée de 782 millions de personnes et occupent une superficie totale de 23,6 millions de km<sup>2</sup>. Le PIB global de la région s'élève à 712,7 milliards de dollars. La région dispose d'un PNB par habitant de 829 \$, et sa population urbaine représente environ 35,8 % de la population totale. La croissance de la population urbaine de la région s'est établie, entre 1990 et 2006, à 4,1 % en moyenne, tandis que la croissance démographique globale sur la même période n'était que de 2,6 %.

On estime que les terres disponibles pour l'agriculture, dont seuls 3,5 % sont actuellement des terres agricoles irriguées, représentent 44 % de la superficie totale de la région. Le taux d'utilisation d'engrais par hectare de terre arable est le plus bas du monde. Le total des zones forestières représente 26,5 % du total des terres. Le taux moyen annuel de déforestation de 0,7 %, selon les chiffres de 1990 à 2005 ; seuls 11,3 % de la superficie totale des terres font partie de zones protégées.

Les ressources internes d'eau douce par habitant sont de 5 093 m<sup>3</sup>, tandis que le total des prélèvements en eau douce, exprimé en pourcentage des ressources internes, est de 3,1 %. L'agriculture représente 87 % du total des prélèvements en eau douce de la région. Seuls 56 % de la population ont accès à des sources d'eau améliorées. Ce taux n'est que de 40 % pour les populations rurales, alors qu'il s'élève à près du double, soit 80 %, pour les populations urbaines. La part du total de la population de la région ayant accès à un système d'assainissement amélioré n'est que de 37 %. Ce chiffre, combiné avec les effets concomitants de la pauvreté, a pour résultat un taux de mortalité infantile avant 5 ans de 157 ‰ des naissances vivantes.<sup>18</sup>

Entre 1981 et 2005, l'ASS a été la seule région du monde à ne pas connaître de diminution de ses niveaux de pauvreté.<sup>19</sup> Le taux de pauvreté mondial s'établissait à 50 % en 1981. En valeur absolue, le nombre de personnes vivant dans la pauvreté a pratiquement doublé, passant de 200 millions en 1981 à 380 millions en 2005. Si cette tendance se poursuit, d'ici 2015, 50 % des personnes les plus pauvres du monde vivront en ASS, contre 10 % en 1980.

Avant les chocs énergétiques et alimentaires de 2008, l'ASS a connu un développement économique positif remarquable. Entre 2003 et 2008, la croissance moyenne annuelle s'est établie à 6 % tandis que l'inflation tombait sous la barre des 10 %. De nombreux pays, particulièrement les pays exportateurs de matières premières, ont réussi à se constituer des réserves en devises significatives. Ces développements positifs ont été le résultat de réformes économiques plus profondes, d'une croissance du prix des matières premières, d'un environnement externe favorable, d'un allègement de la dette et d'une aide accrue (FMI 2009).

Toutefois, en dépit de cette croissance, les gains de ces dernières années risquent d'être remis en cause par les effets du ralentissement économique mondial actuel (FMI 2009). La demande pour les matières premières africaines a chuté ; leurs prix se sont écroulés et les transferts de fonds vers la région se sont fortement réduits. Les investissements directs de l'étranger se sont ralentis et les flux d'investissements en portefeuille se sont inversés, ébranlant les marchés de capitaux africains qui débordaient pourtant d'activité avant la crise. L'effondrement en cours pourrait, à de nombreux titres, annuler les gains engendrés par les réformes de ces dix dernières années qui avaient apporté une lueur d'espoir sur le fait qu'une croissance équitable serait en mesure d'initialiser un processus de réduction du nombre et du pourcentage de personnes de la région vivant dans la pauvreté.

.....  
18 Les statistiques concernant la description régionale, les ressources et l'évaluation environnementale et sociale sont extraites du petit livre vert 2008 de la Banque mondiale.

19 Au niveau mondial, la pauvreté s'est fortement réduite, en raison essentiellement de l'ampleur de la prospérité croissante de la Chine durant les 20 dernières années. La proportion de la population mondiale vivant dans la pauvreté s'est réduite de moitié, passant de 52 % en 1980 à 26 % en 2005. Durant ces 20 dernières années, la pauvreté a diminué à un rythme annuel de 1 % (Collier 2007). Pris dans leur ensemble, les pays en développement semblent en mesure d'atteindre l'ODM de réduction de moitié d'ici 2015 du nombre de personnes vivant dans la pauvreté par rapport au niveau de 1990 (Banque mondiale 2008).

## Pauvreté et vulnérabilité des systèmes énergétiques

### Ressources énergétiques

En ASS, pauvreté et faiblesse des systèmes énergétiques sont inextricablement liées. La région dispose d'importantes ressources énergétiques, fossiles et renouvelables, qui sont toutefois inégalement réparties. On trouve du pétrole et du gaz essentiellement en Afrique occidentale, tandis que le charbon constitue la ressource énergétique dominante dans la région australe. L'hydroélectricité et les ressources géothermiques sont surtout utilisées en Afrique orientale. L'Afrique centrale dispose d'énormes ressources hydroélectriques et de biomasse.

Selon l'AIE, en 2007 12,7 % de la production mondiale totale de pétrole brut étaient d'origine africaine, une majorité de ce pétrole provenant du Nigeria et de l'Angola. La région représente également 6,8 % de la production mondiale de gaz.

Plus de 70 % de la production africaine de pétrole brut sont exportés. Toutefois, les capacités de raffinage de la région ne représentent que 3,3 % des capacités mondiales. *Même dans les principaux pays producteurs de pétrole, comme le Nigeria, aucune nouvelle raffinerie n'a été construite durant ces dix dernières années.* Cette inertie prive la région des avantages de la valeur ajoutée des hydrocarbures, et entrave ses capacités à répondre à la demande régionale de produits pétroliers raffinés.

Près de 5 % de la production mondiale de charbon proviennent d'Afrique, essentiellement d'Afrique du Sud. Même si la région représente 9 % des réserves mondiales d'uranium, l'Afrique du Sud est le seul pays disposant des infrastructures nécessaires à la production d'énergie nucléaire.

La région exploite à peine 7 % de ses possibilités de production hydroélectrique (Davidson 2009), ce qui lui offre un immense potentiel pour combler son déficit énergétique au moyen d'une source propre, renouvelable et d'un bon rapport qualité-prix.

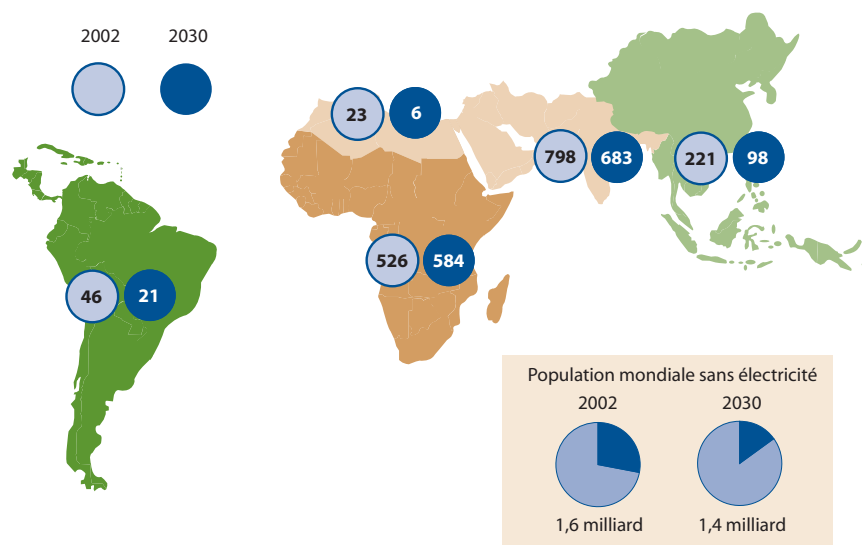
L'ASS représente approximativement 12 % de la population mondiale, mais n'utilise qu'environ 3 % de l'énergie consommée dans le monde. Les disparités au sein de la région sont importantes, l'Afrique du Sud représentant une très grosse proportion de la production et de la consommation totale d'énergie.

### Électricité

Environ 80 % de l'électricité de l'ASS est produite à partir de carburants fossiles, essentiellement du charbon en Afrique du Sud ainsi que du pétrole et du gaz en Afrique du Nord et en Afrique occidentale. Approximativement 17 % de la production totale d'électricité sont d'origine hydroélectrique, l'énergie nucléaire en provenance d'Afrique du Sud représentant, quant à elle, 2,5 % des capacités de production électrique du continent. Les 0,5 % restants sont produits par des sources d'énergie renouvelable autres que l'hydroélectricité, notamment l'énergie géothermique, éolienne et solaire (Davidson 2009).

Moins de 20 % de la population de l'ASS ont accès à des services d'électricité. Dans ce domaine également, il existe d'importantes variations régionales ; dans certains pays, moins de 10 % de la population ont accès à l'électricité. La consommation annuelle d'électricité par habitant de la région est de 542 kWh (Banque mondiale 2008). Dans de nombreux pays de l'ASS, la consommation électrique par habitant est en déclin rapide. De 1990 à 2004, la consommation électrique par habitant a décliné respectivement de 54,7 %, 42,1 %, 31,3 %, 22,3 %, 23,8 % et 10,1 % en Sierra Leone, en République démocratique du Congo, au Tchad, au Ghana, à Sao Tomé-et-Principe et au Zimbabwe (PNUD 2007).

**Figure 3 : Quantité de la population mondiale sans accès à l'électricité en 2002 et 2030 (estimation).**



Source : Liaison Énergie-Francophonie 2008.

## Résultat

Des systèmes énergétiques déficients vont à l'encontre des efforts pour atteindre les objectifs ODM. L'énergie joue, par exemple, un rôle essentiel pour la réduction de la prévalence des maladies et pour faire reculer la mortalité infantile et maternelle. Elle constitue une composante clé du fonctionnement des systèmes de santé, par exemple pour l'éclairage des blocs opératoires, la réfrigération des vaccins et des autres médicaments, la stérilisation des équipements, le transport vers les cliniques, etc. L'utilisation d'énergies propres par les ménages améliore leur état sanitaire en éliminant ou en réduisant les fumées des feux de cuissons. Selon l'OMS (2007), l'Afrique perd près de 500 000 vies chaque année, essentiellement des femmes et des enfants, suite à des maladies respiratoires attribuables à la cuisson traditionnelle au bois.

**Tableau 6 : Nombre de personnes utilisant la biomasse traditionnelle (en millions).**

Région	2000	2030
Chine	706	645
Inde	585	632
Asie (autres)	420	456
Amérique latine	96	72
Afrique subsaharienne	583	996

Source : Karakezi et al. 2008

Les perspectives d'accès à des services énergétiques modernes au-delà de 2015 demeurent peu réjouissantes. Dans un contexte de déclin des services d'électricité en ASS, près d'un milliard de personnes seront toujours tributaires des énergies traditionnelles issues de la biomasse en 2030. Ce scénario laisse présager de grands dangers pour la survie et la santé des êtres humains de la région en raison du changement climatique.

## Synthèse par pays

L'Afrique demeure l'épicentre d'une crise climatique en pleine évolution, en dépit de sa très faible contribution aux émissions mondiales de gaz à effet de serre. Les vulnérabilités inhérentes aux systèmes énergétiques de l'ASS seront amplifiées par le changement climatique, affaiblissant plus encore les capacités du secteur de l'énergie à contribuer à la croissance économique, à la réduction de la pauvreté et à l'écodéveloppement.

On trouvera ci-après de courtes descriptions des dix pays de l'ASS étudiés, ainsi qu'une présentation synthétique des vulnérabilités principales des systèmes énergétiques de chacun d'entre eux.

### 1 – BÉNIN

La biomasse (bois de chauffage et charbon) demeure la source principale d'énergie au Bénin, suivie par les produits pétroliers et, à un moindre degré, par l'électricité.

Le pays est dépendant à 100 % de ses importations pétrolières, ce qui le rend particulièrement vulnérable aux taux de change par rapport au dollar et aux fluctuations des prix sur les marchés internationaux. Les variations des prix des carburants fossiles compromettent également les capacités nationales du Bénin à développer ses propres services énergétiques. En 2007, le taux national d'électrification était de 25 % ; on estimait toutefois que seuls 2 % des ruraux avaient accès à l'électricité.

En dépit de la présence au Bénin d'un important potentiel hydroélectrique, il n'existe aujourd'hui qu'un seul site majeur en fonctionnement. La mise en œuvre, sur plus de 80 sites pré-identifiés, de projets de microcentrales hydroélectriques aiderait grandement le Bénin à accroître sa résilience énergétique.

En dépit de l'existence d'un énorme potentiel d'énergies renouvelables encore non exploité à ce jour, le développement du pays est entravé par un faible niveau de formation intérieure brute de capital fixe et par des capacités locales limitées (ingénieurs, techniciens, etc.). L'absence de cartes des risques ou des sites d'implantation pour l'installation des équipements énergétiques est synonyme pour le Bénin d'une extrême vulnérabilité de ses infrastructures énergétiques existantes vis-à-vis des impacts du changement climatique attendu. Alors que le Plan d'action national aux fins de l'adaptation du Bénin indique la nécessité d'un plan d'intervention d'urgence pour faire face aux impacts d'événements météorologiques extrêmes, le pays est toujours en l'attente du développement d'un tel plan.

### 2 – BURKINA FASO

À l'image d'une grande partie de l'ASS, la biomasse constitue, avec 84 % de la consommation énergétique, la principale source énergétique du Burkina Faso. Le pays dépend à 100 % des importations de combustibles fossiles et a connu un accroissement de 125 % de sa dépendance énergétique durant ces dix dernières années.

Les importations énergétiques, qui représentent 10 à 20 % du total national des importations brutes, croissent rapidement pour répondre à une demande de plus en plus forte.

L'hydroélectricité, qu'elle soit produite localement ou apportée grâce à l'interconnexion des réseaux, représente 6 % de la consommation nationale totale d'énergie. Dans ce contexte, l'évolution des schémas climatiques représente toutefois une menace pour la production hydroélectrique. La pluviométrie moyenne du Burkina Faso est en décroissance, et les pluies ont tendance à se déplacer vers le sud. L'état actuel des prédictions laisse entrevoir une perte de 100 mm de pluie d'ici 2025 à 2050, ainsi qu'un accroissement des températures, durant la même période, de 2 °C à 4 °C. En dépit de l'existence d'un plan national pour une exploitation optimisée des centrales hydroélectriques dans le contexte des évolutions prévues des régimes d'écoulement des débits fluviaux, on n'est pas encore clairement capable de déterminer la gravité des impacts que subira ce secteur dans le cadre du changement climatique.

Les installations de nouvelles centrales au Burkina Faso doivent respecter un code national sur l'environnement exigeant une évaluation d'impact environnemental ainsi que des plans de gestion environnementale et sociale. Malheureusement, on n'y trouve aucune mention des questions relatives au changement climatique. De plus, le pays ne dispose d'aucun plan d'urgence concernant les catastrophes environnementales prévues, et il n'existe pas de carte sur les risques d'inondations ou de sécheresse.

Compte tenu de la pression croissante exercée sur les réserves de biomasse du Burkina Faso, que ce soit en raison de la consommation ou de l'évolution des schémas climatiques, il est crucial d'investir budgétairement dans la recherche, le développement et la diffusion de cultures résistantes à la chaleur et à la sécheresse. Il est impératif d'offrir une énergie de substitution à la biomasse pour la consommation des ménages et de développer les capacités installées de production d'énergies renouvelables, en particulier solaire, qui se situent aujourd'hui, avec 1 000 kW, à un niveau particulièrement bas.

### 3 – CAMEROUN

Le bouquet énergétique du Cameroun est composé de biomasse, de pétrole et d'hydroélectricité. Actuellement, 97 % du total de l'électricité sont produits par un seul barrage, dont la construction remonte à 40 ans. Ce barrage bénéficie toutefois d'un programme de réhabilitation et d'optimisation de son exploitation prenant en compte les variations attendues des débits fluviaux. Ce programme devrait favoriser l'atténuation des impacts associés avec la diminution de 2 % des précipitations que connaît le pays chaque année.

Des équipements de distribution et de transmission vieillissants sont synonymes de pannes d'électricité fréquentes. L'incapacité du réseau à supporter des vitesses élevées du vent accroît encore sa vulnérabilité globale.

En dépit du niveau modeste de sa production pétrolière (84 000 barils par jour en 2007), le Cameroun importe du brut léger pour alimenter sa centrale thermique. Cette dépendance par rapport aux importations rend le pays vulnérable vis-à-vis des prix du pétrole. Compte tenu de la situation géographique de l'ensemble des installations pétrolières, des raffineries et des champs pétrolifères du Cameroun le long du littoral ou offshore, la probabilité que l'une ou l'autre de ces installations soit atteinte par une tempête comprenant des rafales à plus de 70 m/s durant les 20 prochaines années est estimée à environ 80 %.

Globalement, le pays dispose de faibles capacités internes à s'adapter aux impacts du changement climatique. Le nombre d'ingénieurs diplômés chaque année est limité à 300, et il n'existe pas de directives de construction concernant l'implantation des centrales électriques prenant en compte les probabilités d'événements climatiques extrêmes. Suite à la catastrophe du lac Nyos de 1986, un plan d'intervention a été introduit. Il souligne les procédures de gestion des catastrophes et décrit les niveaux d'intervention des différentes équipes ; toutefois, il ne mentionne nulle part les procédures d'intervention face aux impacts climatiques.

La persistance d'une dépendance élevée par rapport à la biomasse non irriguée ne fait qu'exacerber la vulnérabilité énergétique du Cameroun.

## 4 – KENYA

L'économie du Kenya a été durement frappée par la crise économique actuelle et par les récentes violences électorales qui ont largement réduit le niveau des projections de croissance économique à court terme. Le produit intérieur brut par habitant s'établit à un niveau très bas et, alors que la pauvreté s'amplifie, les capacités d'investir dans de nouveaux systèmes énergétiques se réduisent.

S'il est vrai que le gouvernement du Kenya s'efforce de réformer le secteur énergétique en encourageant une participation capitaliste du secteur privé et en mettant en œuvre des politiques favorisant une diversification des sources énergétiques, il n'en demeure pas moins que de nombreuses mesures visant à remédier aux vulnérabilités actuelles n'ont toujours pas été prises.

Le Kenya ne produit que 700 ingénieurs chaque année, ce qui est insuffisant pour répondre aux exigences du développement et de la diversification des systèmes énergétiques du pays. De nombreux outils, notamment des cartes des zones inondables, des directives applicables concernant la construction et l'implantation des centrales électriques ainsi que des plans d'intervention d'urgence, qui se révèlent essentiels pour permettre d'accroître la résilience du système énergétique kenyan vis-à-vis des événements météorologiques extrêmes, ne sont pas disponibles. En dépit de la très forte dépendance du pays vis-à-vis des systèmes hydroélectriques pour son offre d'électricité, il n'existe pas de plan national d'optimisation de l'exploitation des centrales hydroélectriques dans le cadre des modifications prévues des régimes d'écoulements fluviaux. Plus encore, les barrages ne sont pas équipés de vannes de désengorgement, et aucun système de gestion de l'utilisation des bassins versants en amont n'est en place.

En dépit du rôle prédominant joué par la biomasse dans le paysage énergétique national, le budget consacré à la recherche, au développement et à la diffusion de technologies dans le secteur des cultures résistantes à la chaleur et à la sécheresse, des carburants verts ou d'une exploitation moderne des énergies vertes est limité, voire inexistant. En dépit de quelques progrès réalisés dans la diffusion de poêles à bois ou à charbon à rendement énergétique amélioré, beaucoup reste encore à faire dans ce domaine. De nouvelles initiatives pour promouvoir des prix de rachat pour les énergies renouvelables permettraient de diversifier les sources d'énergie et de renforcer le système énergétique national.

## 5 – MALI

La situation énergétique du Mali se caractérise par la prédominance de la biomasse (87 %) pour répondre aux besoins



des ménages en termes de cuisson, et par un taux d'électrification très bas (16 %). Une pauvreté extrême empêche une grande partie de la population d'accéder à des services énergétiques modernes. Le Mali est importateur net de produits pétroliers.

En dépit des changements de températures et de l'évolution des schémas des précipitations, le Mali semble bien placé pour améliorer la résilience de ses systèmes énergétiques hydroélectriques et à base d'énergies renouvelables. Des plans portant sur une exploitation optimisée des centrales électriques dans le contexte des nouveaux régimes fluviaux prévus sont en place, et le pays s'est doté de cartes d'implantation détaillant les changements prévus pour la vitesse du vent, les plaines inondables et les zones susceptibles de subir les conséquences d'une élévation du niveau de la mer.

Le Mali a également en préparation des projets de construction de centrales solaires thermiques d'une capacité de plus de 100 MW ; toutefois, leur construction à l'épreuve des risques climatiques n'est pas encore envisagée. Compte tenu du rôle central que joue la biomasse dans le bouquet énergétique du Mali, il conviendrait d'intensifier les efforts de recherche et de développement en termes de cultures résistantes à la sécheresse. La mise au point

de carburants alternatifs produits à partir des résidus de la biomasse irait dans le sens d'une atténuation de la vulnérabilité énergétique des ménages, en particulier dans les zones rurales. La production locale et l'exploitation du jatropha en tant qu'une source énergétique ont déjà fait leurs preuves.

## 6 – NIGERIA

La réussite économique du Nigeria a largement suivi les fluctuations du marché international du pétrole. Bien que le pays soit doté de ressources naturelles et humaines significatives, il a vu la corruption le priver de la réalisation de son potentiel d'économie émergente. L'effondrement financier actuel a encore aggravé des performances catastrophiques en termes de gouvernance. Paradoxalement, en dépit du fait qu'il soit le septième exportateur mondial de pétrole, le Nigeria est le pays de l'ASS disposant de l'approvisionnement énergétique le plus famélique, avec une consommation électrique annuelle par habitant de 157 kWh contre 550 kWh en moyenne pour l'ensemble de l'ASS.

L'absence d'un ensemble de politiques énergétiques de diversification est encore amplifiée par un manque d'outils de base permettant d'évaluer la résilience



énergétique : il n'existe pas de carte d'implantation pour les centrales électriques anticipant les futurs risques environnementaux ; seuls 2 500 étudiants en ingénierie obtiennent leur diplôme chaque année ; peu de données concernant les ressources sont disponibles pour encourager les investissements dans les sources potentielles d'énergies renouvelables.

De plus, tandis que l'exploitation traditionnelle de la biomasse joue un rôle prédominant sur la scène énergétique nationale, le gouvernement n'est à l'origine d'aucun investissement dans de nouveaux programmes de R&D ou de nouvelles initiatives visant à promouvoir la diffusion et l'utilisation efficace de technologies vertes. Le peu de recherches existantes s'effectuent dans le cadre de structures universitaires et sont souvent déconnectées du marché de l'énergie et des investisseurs potentiels.

### 7 – OUGANDA

L'économie du pays est dominée par une agriculture non irriguée. Sa résilience économique est encore diminuée par sa totale dépendance du pétrole importé et des bailleurs de fonds internationaux.

Bien que l'Ouganda dispose de cartes des risques concernant des événements comme les inondations et les sécheresses, son niveau de préparation face aux situations d'urgence est limité. Le pays ne s'est pas doté à ce jour de directive concernant les sites d'implantation destinés à la construction de centrales électriques prenant en compte la probabilité d'événements climatiques extrêmes.

Deux barrages en Ouganda sont équipés de vannes de désengorgement et disposent de plans adaptés pour la gestion des questions liées aux eaux amont et à l'utilisation des terres. Toutefois, il n'existe pas de plan national portant sur une exploitation optimisée des centrales électriques dans le contexte de régimes fluviaux variables.

La part de la biomasse dans l'offre énergétique totale en Ouganda, 94 %, est l'une des plus élevées d'Afrique. Seuls 8,7 % des ménages utilisent des cuisinières à bois à rendement énergétique amélioré. Comme dans la plupart des pays africains, la recherche, le développement et la diffusion de technologies modernes et efficaces relatives à la biomasse sont insuffisants et inadéquats.

### 8 – RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE DU CONGO (RDC)

Depuis 1997, la République démocratique du Congo est engagée dans une zone de profondes turbulences politiques et sociales. Une gouvernance médiocre, une gestion chaotique de l'économie et le gel de la

coopération internationale ont réduit la République démocratique du Congo à l'un des PIB les plus bas du continent et à un taux de pauvreté de 71 %.

La République démocratique du Congo demeure l'un des rares pays au monde à disposer d'importantes ressources hydroélectriques. On estime qu'elle dispose à elle seule de 66 % du potentiel de l'Afrique centrale dans ce domaine et de 35 % de celui du continent. En dépit de cette richesse énergétique, l'électricité ne représente que 6 % de la totalité de l'énergie consommée au niveau national.

Le potentiel d'exploitation de cette richesse est toutefois limité, en particulier dans la perspective d'un scénario de changement climatique. Malgré des prévisions indiquant un accroissement des précipitations de 7 % à 11 %, aucun plan d'optimisation pour les nouveaux régimes d'écoulement des débits fluviaux n'a été développé. La distribution d'électricité est entravée par des infrastructures de transmission vieillissantes et mal entretenues. Compte tenu du fait que la moitié de la production hydroélectrique est concentrée dans une seule centrale, ce déficit infrastructurel constitue une vulnérabilité majeure du système énergétique de la RDC. De plus, avec un total annuel de 550 ingénieurs diplômés chaque année, les capacités techniques de la République démocratique du Congo à maintenir un réseau électrique solide sont sérieusement limitées. Le pays ne possède pas d'équipe d'intervention d'urgence compétente pour réagir en cas de dommages aux centrales causés par la tempête.

Il est urgent de développer la recherche sur les solutions alternatives à l'utilisation traditionnelle de la biomasse et d'accroître le taux de pénétration des poêles à bois à rendement énergétique amélioré, en vue de diminuer la pression intolérable exercée actuellement sur les réserves de biomasse.

### 9 – SÉNÉGAL

Le bouquet énergétique sénégalais est essentiellement dominé par la biomasse pour 58 % et par les produits pétroliers pour 38 %. Ce manque de diversification est encore aggravé par l'absence de technologies efficaces, par une grille de distribution présentant une faible densité sur le territoire, ainsi que par un déficit de cadres réglementaires et par des structures financières anémiées. Le potentiel hydroélectrique du Sénégal n'est à ce jour toujours pas exploité. Toutefois, compte tenu d'une prévision de diminution des précipitations de l'ordre de 17 % durant les 20 à 50 prochaines années, il conviendrait d'examiner avec plus d'attention le rôle de l'énergie hydroélectrique dans le bouquet énergétique du pays. Dans ce cadre, la mise au point de plans d'optimisation en fonction des régimes d'écoulement des débits

fluviaux constituerait certainement un atout appréciable.

Le Sénégal dispose d'ores et déjà d'un certain nombre d'éléments d'adaptation essentiels. Il s'est doté d'un plan d'urgence nationale comprenant des études portant sur les catastrophes naturelles telles que les inondations et sur les régions où elles seraient susceptibles de se produire. Des cartes indiquant la couverture nuageuse et les vitesses du vent prévues sont également disponibles. Le pays cherche également à contrecarrer la consommation traditionnelle de biomasse grâce à d'importantes recherches sur les technologies vertes et à la promotion des poêles à bois à rendement énergétique amélioré.

Les inondations des centrales thermiques constituent une vraie vulnérabilité qu'il faudra traiter. Une centrale a déjà subi de sérieux dommages suite à des pluies importantes.

### 10 – TANZANIE

La Tanzanie demeure l'un des pays les plus pauvres de l'ASS. Son économie repose largement sur une agriculture non irriguée, sur le tourisme et sur les exportations de café et de thé, qui sont toutes des activités dépendant étroitement du climat. Les deux tiers de l'électricité du pays sont d'origine hydroélectrique, le restant étant produit à partir de gaz naturel acheminé par pipeline sur des distances considérables.

Le développement d'infrastructures énergétiques résilientes exige les services d'ingénieurs. Or, actuellement, le pays ne produit que 500 diplômés dans ce secteur chaque année. Il n'existe ni carte des risques induits par les inondations ou les sécheresses, ni directive claire, ni réglementation applicable, susceptibles d'être utilisées pour l'implantation des centrales électriques et qui prennent en considération les possibilités d'événements météorologiques extrêmes. En dépit de la présence d'un littoral important, la Tanzanie ne dispose d'aucun plan d'urgence en réaction à des événements météorologiques extrêmes susceptibles de menacer ses infrastructures énergétiques.

Le pays est toutefois doté d'un plan national d'optimisation de l'exploitation des centrales hydroélectriques dans le cadre de différents scénarios de variation des débits fluviaux. Ce type de planification de mesures d'urgence est indispensable pour anticiper et réagir vis-à-vis des événements induits par le changement climatique.

Bien que la biomasse représente 90 % de l'offre nationale énergétique tanzanienne, le gouvernement ne s'intéresse que très marginalement à cette source énergétique. Très peu de ménages utilisent des cuisinières à rendement énergétique amélioré.



## Vulnérabilité au niveau des pays

Lors des discussions au niveau national sur la vulnérabilité, le sujet est traditionnellement abordé essentiellement sous l'angle de la sécurité énergétique et des moyens de l'améliorer. Les politiques formulées autour du contexte plus large de la réduction de la vulnérabilité des systèmes énergétiques et de l'amélioration de la résilience au moyen de stratégies d'écodéveloppement, c'est-à-dire traitant des problèmes environnementaux, sociaux, économiques, techniques et de gouvernance, sont assez peu nombreuses.

Si l'on souhaite que les politiques et les mesures proposées soient efficaces, il est indispensable de quantifier l'état de vulnérabilité globale du pays, c'est pourquoi le premier ensemble d'indicateurs HELIO mesure la vulnérabilité globale d'un pays.

De nombreux plans d'intervention d'urgence, plans d'action nationaux aux fins de l'adaptation (menés à bien dans le cadre de la CCNUCC), et publications de recherche détaillent les différents aspects de la vulnérabilité. Les analystes ont donc été encouragés à utiliser les documentations existantes pour recueillir les informations nécessaires et pour analyser les données dans une perspective d'écodéveloppement.

En cohérence avec le principe d'HELIO selon lequel la métrique sous-jacente, c'est-à-dire la mesure ou la statistique effectivement utilisée, devait en général être disponible et le calcul des vecteurs facilement réalisable, il a été demandé aux analystes de calculer les indicateurs mentionnés au tableau 7. Conformément aux directives du Protocole de Kyoto, l'année de référence choisie est 1990 ou l'année la plus proche pour laquelle les données sont disponibles. Il a également été demandé aux analystes, pour chacun des groupes d'indicateurs, de fournir une courte synthèse qualitative soulignant toute question cruciale dont les indicateurs n'auraient pas rendu compte ou qui aurait pu avoir une incidence sur leur calcul.

**Tableau 7 : Vulnérabilités au niveau des pays.**

Secteur	Indicateur	Calcul
Environnement	1. Évolution des schémas de précipitations	Pourcentage d'évolution entre 1990 et l'année en cours Description de l'évolution des schémas de précipitations Informations supplémentaires susceptibles d'être incluses <ul style="list-style-type: none"> <li>• Volume et fréquence des précipitations</li> <li>• Nombre annuel de jours de pluie</li> <li>• Nombre annuel de jours de forte pluie (&gt; 50 mm)</li> <li>• Durée des saisons</li> <li>• Maxima et minima des précipitations</li> </ul>
	2. Variation des températures	Évolution des températures (en °C) entre 1990 et l'année en cours <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyenne</li> <li>• Minimum/maximum par saison</li> </ul>
Économie	1. Proportion des ménages ayant acquis un accès à l'électricité durant les deux dernières décennies	Pourcentage des ménages ayant acquis un accès à l'électricité entre 1990 et l'année en cours
	2. Niveau d'accroissement de l'autonomie énergétique	Pour un pays importateur net de pétrole et de gaz (énergies non renouvelables) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ratio entre les importations d'énergie non renouvelable et la consommation d'énergie non renouvelable (en joules) par rapport à 1990</li> </ul>

Secteur	Indicateur	Calcul
		<p>Les pays importateurs peuvent améliorer leur résilience en réduisant soit les importations soit la consommation d'énergies non renouvelables, ou en augmentant soit les importations soit la consommation d'énergies renouvelables, ainsi qu'en accroissant leur rendement énergétique global.</p> <p>Pour un pays exportateur net de pétrole et de gaz (énergies non renouvelables)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ratio entre les exportations d'énergie non renouvelable et la valeur totale des exportations (en valeur monétaire) par rapport à 1990</li> </ul>
Technique	1. Évolution du montant d'énergie provenant de sources renouvelables	<p>1a. Production combinée de chaleur et d'électricité à partir d'énergies renouvelables (MWh)</p> <p>1b. Pourcentage d'évolution, entre 1990 et l'année en cours, du pourcentage d'électricité provenant de sources renouvelables par rapport à la production totale d'électricité</p> <p>1c. Consommation de carburants renouvelables (en tep)</p> <p>1d. Pourcentage d'évolution, entre 1990 et l'année en cours, du pourcentage de combustible provenant de sources renouvelables par rapport à la consommation totale de combustible</p>
	2. Niveau de diversité des sources et des technologies d'énergies renouvelables	<p>Contribution, en pourcentage, des sources suivantes à la consommation totale d'énergie renouvelable, avec description de l'utilisation qui est faite de la source d'énergie renouvelable :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Électricité</li> <li>Chauffage</li> <li>Transport</li> </ul>
Social	1. Évolution de la prévalence des maladies	<p>Pourcentage d'évolution du taux des maladies d'origine hydrique entre 1990 et l'année en cours</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Commenter si possible les incidences non signalées</li> </ul>
	2. Évolution de l'emploi	<p>Évolution, en pourcentage, des taux d'emploi officiels entre 1990 et l'année en cours</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Commenter si possible les incidences non signalées</li> </ul>
Civique (gouvernance)	1. Amélioration de la réforme agraire	<p>1a. Pourcentage d'évolution, entre 1990 et l'année en cours, du nombre d'agriculteurs propriétaires de leurs propres terres ou disposant d'un accès permanent</p> <p>1b. Pourcentage de femmes propriétaires</p> <p>Variable de remplacement : existence de politiques agraires et mise en application des lois</p>
	2. Évolution de la participation publique au processus de planification	<p>2a. Pourcentage de participation aux élections nationales ou à Action 21, et processus de mise en œuvre</p> <p>2b. Pourcentage d'évolution entre 1990 et l'année en cours</p>

Le chapitre suivant synthétise les indicateurs calculés pour les dix pays. À l'exception des températures, les variations en valeur absolue ont été privilégiées par rapport aux variations relatives pour faciliter les comparaisons entre pays.

## ◆ Précision importante

Comme c'est souvent le cas avec un nouvel outil, nous avons rencontré des difficultés pour recueillir les données, en particulier sous des formes homogènes entre elles. En dépit des nombreux efforts déployés, il n'a pas toujours été possible de présenter des valeurs d'indicateurs calculées de façon identique dans les différents pays. Les différences existant dans la nature des données disponibles dans chaque pays et dans la forme sous laquelle elles étaient présentées, auxquelles est venue s'ajouter la complexité des conventions de quantification, ont rendu leur harmonisation complète impossible, compte tenu des ressources disponibles. Même pour certains indicateurs de base, par exemple la fiabilité de l'offre d'électricité, il n'existe pas actuellement d'ensemble de conventions de publication adapté à une comparaison entre les pays. Il convient également de signaler qu'en dépit de son usage extrêmement répandu, les données concernant l'exploitation de la biomasse ainsi que la vulnérabilité et la résilience des systèmes de biomasse ont été très difficiles à recueillir, essentiellement en raison de la nature décentralisée de cette ressource.

Compte tenu de ces difficultés d'harmonisation des données, la production de comparaisons entre les pays pertinentes pour la définition de politiques s'est révélée particulièrement délicate. C'est pourquoi, plutôt que de supprimer des données utiles, les tableaux de synthèse incluent le plus grand nombre possible de données susceptibles d'être justifiées, avec, lorsque c'est nécessaire, mention des différences majeures dans les systèmes de publication. Les données indiquées dans les tableaux suivants ne sont donc pas toujours identiques aux données ayant été incluses dans les rapports des reporters nationaux. Nous avons plutôt, à l'occasion, privilégié une reformulation des valeurs des indicateurs originaux pour une meilleure concordance avec les conventions utilisées dans les autres pays. Les principales différences dans les systèmes de publication sont, lorsque c'est possible, signalées.

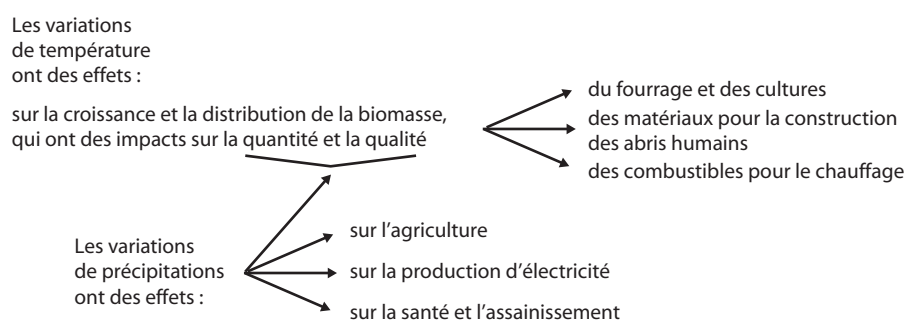
En s'appuyant sur cette expérience, la définition des indicateurs devrait pouvoir être encore affinée et harmonisée pour permettre une plus grande cohérence dans la publication des données de futurs travaux.

## Indicateurs environnementaux

### 1. Évolution des schémas de précipitations

### 2. Variation des températures

La plupart des pays de l'ASS subissent les effets directs des variations des niveaux de précipitations et de températures. Une agriculture et un élevage dépendants des précipitations y sont la norme ; la biomasse constitue en ASS la principale source d'énergie et de fourrage pour les animaux. Comme cela est illustré sommairement dans le diagramme ci-après, des modifications importantes des schémas de précipitations et de température ont des implications de portée très large. Il est donc important, si l'on souhaite réduire la vulnérabilité, de comprendre comment ces schémas évoluent.



Plutôt que de définir un indicateur complexe pour lequel les données requises auraient rarement été disponibles, les valeurs de l'indicateur publié dans le tableau ci-après visent à effectuer de

simples comparaisons point à point.<sup>20,21</sup> HELIO a choisi d'utiliser cette forme de comparaison pour mettre en exergue l'importance des schémas climatiques pour les systèmes énergétiques et comme moyen d'évaluer la disponibilité des données. Les comparaisons point à point n'indiquent pas nécessairement une tendance. En ce qui concerne les températures, HELIO a été en mesure d'obtenir des données supplémentaires qui soulignent une tendance à la hausse (figure 4) déjà suggérée par les valeurs des indicateurs.

**Tableau 8 : Indicateurs de précipitations et de températures.**

	Précipitations (mm)	Pourcentage d'évolution	Températures (moyennes, sauf indication contraire) <sup>22</sup>	Pourcentage d'évolution
Bénin	1990 : 239 2007 : 254	+6 %	1990 : 21-25 °C 2007 : 20-25 °C	—
Burkina Faso	1990 : 850 (650-1 055) 2007 : 800 (600-1 000)	-6 %	1990 : 34 °C 2007 : 35 °C Maximum quotidien moyen	+1 °C
Cameroun	≈ 4 % de diminution (1990-2007) <sup>23</sup>	-4 % <sup>24</sup>	Accroissement de 0,7 °C entre 1960 et 2007	+0,7 °C
Kenya	1990 : 806 2008 : 763	-5 %	1990 : 23,7 °C 2009 : 24,1 °C <sup>25</sup>	+0,4° C
Mali	1999 : 1 400 2004 : 1 300 <sup>26</sup>	-7 %	1990 : 28,3 °C 2005 : 28,4 °C <sup>27</sup>	+0,1 °C
Nigeria	2000 : 733 2008 : 494 <sup>28</sup>	-32 %	1990 : 35,2 °C 2008 : 36,1 °C <sup>29</sup> Moyenne maximale de la ville	+0,9 °C
Ouganda	1990 : 1 159 2005 : 932 <sup>30</sup>	-20 %	1990 : 22,0 °C 2005 : 22,7 °C <sup>31</sup>	+0,7 °C

20 La description de schémas et de tendances météorologiques à court/moyen terme au niveau d'un pays dans son ensemble est un exercice notoirement difficile, en raison de la complexité des phénomènes météorologiques, de leur variabilité dans le temps et dans l'espace, ainsi que des limitations en termes de données disponibles. (Easterling et al. 2000; Molua 2006). Les résultats dépendent des méthodes statistiques et des définitions utilisées.

21 Les rapports par pays comprennent des évaluations plus détaillées des tendances et des schémas météorologiques pour autant qu'ils se rapportent aux changements climatiques et à la vulnérabilité des systèmes énergétiques. Voir [www.helio-international.org](http://www.helio-international.org).

22 Dans certains cas, ce sont les températures maximales journalières moyennes qui sont publiées. Parfois, les données proviennent d'une seule ville ou d'une seule région plutôt que d'une moyenne réalisée sur différents sites dans le pays. L'ensemble des données provient directement des rapports par pays sauf mention contraire.

23 Valeur calculée à partir des 2,2 % de diminution des précipitations par décennie depuis 1960 mentionnés dans le rapport national camerounais.

24 Approximation calculée à partir des données tendanciennes signalées.

25 Projection effectuée sur la base des tendances récentes telles que mentionnées par le rapport national kenyan.

26 Données pour Sikasso, la ville qui connaît le plus de précipitations. En comparaison, Tessalit, la ville la plus sèche, ne reçoit que 15 mm de précipitations annuelles selon le rapport national malien.

27 Données en provenance de la base de données du changement climatique par pays du PNUD (<http://country-profiles.geog.ox.ac.uk/>, file Mali.ts.obs.temp.ts.ensemblemean.txt).

28 Les données concernent Sokoto plutôt que plusieurs villes.

29 Températures maximales quotidiennes moyennes pour Sokoto.

30 Données en provenance de la base de données du changement climatique par pays du PNUD (<http://country-profiles.geog.ox.ac.uk/>, file Uganda.ts.obs.temp.ts.ensemblemean.txt) Voir également le rapport national ougandais.

31 Données en provenance de la base de données du changement climatique par pays du PNUD, op. cit.

	Précipitations (mm)	Pourcentage d'évolution	Températures (moyennes, sauf indication contraire) <sup>22</sup>	Pourcentage d'évolution
République démocratique du Congo	1990 : 1 298 2006 : 1 200	+4 %	1990 : 24,8 °C 2006 : 26,5 °C	+1,7 °C
Sénégal	1990 : 750 2008 : 840	+12 %	1990 : 28,1 °C 2008 : 28,7 °C	+0,6 °C
Tanzanie	1990 : 502 2007 : 864 <sup>32</sup>	+72 %	1990 : 22,7 °C 2008 : 23,1 °C	+0,4 °C

## ❏ Évaluation flash

### Évolution des schémas de précipitations

Dans certains cas, les données concernant les précipitations se rapportent à une ville importante, tandis que dans d'autres cas, il s'agit de la moyenne sur plusieurs sites. Sachant que l'on observe parfois un accroissement des précipitations et parfois une diminution, *il est impossible de déduire une évolution certaine des schémas des précipitations à partir des données disponibles.*

### Variation des températures

À l'exception du Bénin (pour lequel les températures moyennes n'ont pas été publiées), l'ensemble des comparaisons point à point indiquées ci-après *montre un accroissement des températures moyennes (ou de la moyenne des maxima quotidiens)* pour la région.

Pour 7 pays sur 10, la figure 4 indique une tendance eu égard aux températures moyennes annuelles de 1960 à 2006.<sup>33</sup> En dépit de la chute brutale observée pour l'ensemble des pays pour la dernière année prise en compte (2006), cette visualisation sur 47 ans fait apparaître une tendance passée à l'accroissement des températures moyennes dans tous les pays d'environ 0,5 °C à 1 °C par période de 15 ans. Ce schéma est remarquablement cohérent pour tous les pays.

Foyer efficace, Darfour, Soudan – *Stovesonline*

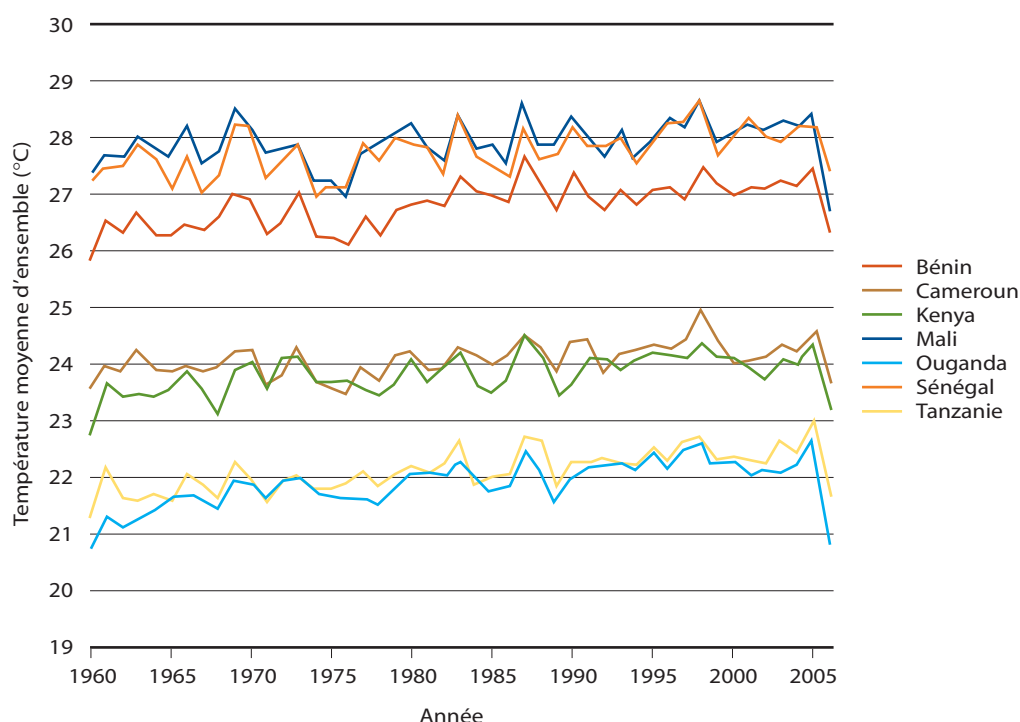


.....

<sup>32</sup> Les données proviennent de la région de Dodoma.

<sup>33</sup> Données en provenance de la base de données du changement climatique par pays du PNUD (<http://country-profiles.geog.ox.ac.uk/>, consultée en septembre 2009). La figure affiche les moyennes annuelles d'ensemble pour une grille géographique donnée. Aucune donnée n'était disponible pour le Burkina Faso, le Nigeria ou la République démocratique du Congo. La base de données du PNUD propose également des données supplémentaires sur les extrêmes des précipitations et des températures ainsi que sur les anomalies.

**Figure 4 : Tendances relatives aux températures moyennes d'ensemble pour la période 1960-2006.**



Note : La température moyenne d'ensemble est calculée comme la moyenne des températures annuelles mesurées aux différents points d'une grille superposée à la carte du pays.

Source : Rapports par pays du PNUD – données climatiques.

## Indicateurs économiques

**1. Proportion des ménages ayant acquis un accès à l'électricité durant les deux dernières décennies**

**2. Niveau d'accroissement de l'autonomie énergétique**

L'accès à l'électricité est considéré comme un bien social ; il favorise la diffusion de l'alphabétisation et de l'éducation, il contribue à l'amélioration de la santé grâce à la réfrigération des aliments et des médicaments et à une amélioration des communications et de la sensibilisation des populations. S'il est vrai que les normes occidentales de consommation électrique ne constituent pas nécessairement un modèle à adopter, il n'en demeure pas moins qu'un accès de base à une énergie électrique bon marché est souhaitable.

De nombreux pays de l'ASS sont extrêmement dépendants vis-à-vis de l'importation de combustibles pour le transport, le chauffage, le refroidissement et l'éclairage des édifices, ainsi que pour la production d'énergie électrique. Les menaces d'interruption de l'offre, dues à des raisons politiques imprévisibles, à des accidents sur les pipelines, à des vulnérabilités des systèmes, à des embargos, au terrorisme, à des mouvements sociaux, etc. sont bien réelles. Parmi ces menaces, celle que présente la fluctuation des prix est universelle, étant en mesure de déstabiliser les pays importateurs comme les pays exportateurs ; elle constitue donc, par là même, une vulnérabilité globale.



**Tableau 9 : Accès à l'électricité et dépendance énergétique.**

	Accès à l'électricité (en pourcentage des ménages) <sup>34</sup>	Valeur absolue en pourcentage	Dépendance énergétique : importations en pourcentage du total des énergies non renouvelables	Exportations nettes <sup>35</sup> (1 000 bpj)	Valeur absolue en pourcentage
Bénin	1990 : 8,6 % 2005 : 23,2 %	+15 %	1990 : 24 % 2005 : 51 % Énergie totale	-4 (I)	+27 %
Burkina Faso	2002 : 8,5 % 2008 : 12 %*	+4 %*	2002 : 79 % 2008 : 82 %* Énergies non renouvelables	-9 (I)	+3 %*
Cameroun	1996 : 37,0 % 2007 : 48,2 %	+11 %	1990 : 4,5 % 2003 : 46,2 % Énergies non renouvelables	55 (E) 46 % des exportations	+42 %
Kenya	2000 : 8,7 % 2008 : 10,5 %	—	—	-75 (I)	—
Mali	2001 : 9 % (32 % en zone urbaine) 2007 : 17 % (51 % en zone urbaine)	+8 %*	2007 : 14 % Énergie totale	-5 (I)	—
Nigeria	2008 : 40 % (estimation) <sup>36</sup> (18 % en zones rurales) <sup>37</sup>	—	1996 : 98 % <sup>38</sup> Importance des exportations	1883 (E)	
Ouganda	1991 : 5,6 % 2006 : 9,0 %	+3,4 %	1990 : 100 % 2008 : 100 % Énergies non renouvelables	-13 (I)	—
République démocratique du Congo	1990 : 5 % 2007 : 6 %	+1 %	1990 : 8 % 2006 : 69 % Énergie totale	9 (E) <sup>39</sup>	+61 %

\* Période courte utilisée à des fins de comparaison.

34 Les variations sont exprimées en termes de pourcentage absolu, c'est-à-dire le pourcentage des ménages bénéficiant d'un accès à l'électricité pour l'année finale diminué du même pourcentage pour l'année de référence.

35 La lettre « E » indique un exportateur net ; « I » indique un importateur net. Les statistiques concernant les importations et les exportations d'énergie proviennent de l'*Energy Information Administration* (<http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/>). Pour les exportateurs nets, le pourcentage de la valeur des exportations de produits pétroliers par rapport au total de la valeur des exportations est fourni lorsqu'il est disponible. Sauf indication contraire, les données proviennent des rapports par pays.

36 La consommation par habitant a décliné fortement entre 2000 et 2008, passant de 209 kWh par personne à 157 kWh par personne.

37 Rapport de synthèse sur le secteur électrique du Nigeria pour le sous-comité du Comité conseil présidentiel sur le plan de développement de l'énergie électrique à 25 ans, page 26.

38 Frynas 2000.

39 Même si la République démocratique du Congo importe du pétrole, cela ne signifie pas que le pays soit un importateur net. La République démocratique du Congo importe essentiellement du pétrole sous la forme de pétrole brut et de produits pétroliers. Les exportations se font sous la forme de fioul et de pétrole congolais ne pouvant pas être transformé dans une raffinerie locale.

	Accès à l'électricité (en pourcentage des ménages)	Valeur absolue en pourcentage	Dépendance énergétique : importations en pourcentage du total des énergies non renouvelables	Exportations nettes (1 000 bpj)	Valeur absolue en pourcentage
Sénégal	2000 : 30 % (58 % en zone urbaine) 2006 : 44 % (77 % en zone urbaine)	+14 %*	2000 : 77 % 2007 : 77 % Énergie totale	-38 (I)	0 %
Tanzanie	2004 : 11 % <sup>40</sup>	—	—	-32 (I)	—

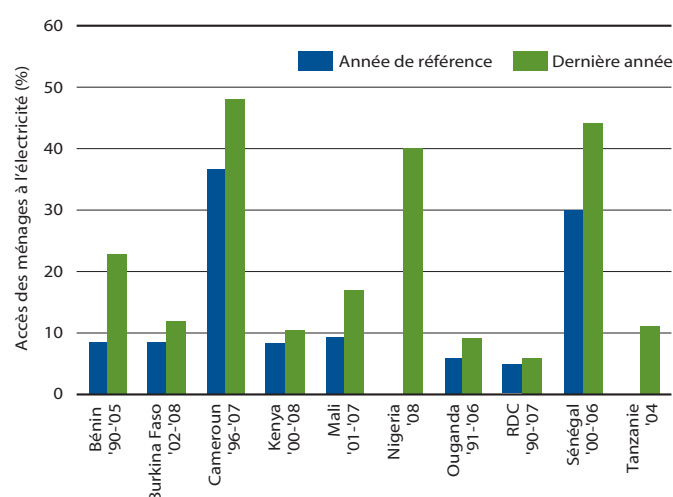
## ❏ Évaluation flash

### Accès des ménages à l'électricité

L'intégralité des six pays disposant de données relativement fiables a vu un accroissement du pourcentage des ménages ayant un accès à l'électricité.

Le Cameroun et le Sénégal ont les niveaux d'accès à l'électricité les plus élevés, avec respectivement 48 % et 44 %. Au Bénin, l'accès a plus que doublé sur une période de 15 ans pour s'établir à près de 25 %. A contrario, en République démocratique du Congo, l'accès ne s'est accru que de 1 %, passant de 5 % à 6 %, entre 1990 et 2007. L'accès en zone rurale est souvent très faible, comme l'illustrent les cas du Mali et de l'Ouganda avec un taux de 1 %. La figure 5 montre les schémas de variations sous forme graphique ; notez les variations d'année de référence.

**Figure 5 : Pourcentage des ménages ayant un accès à l'électricité pour l'année de référence et la dernière année disponible.**



40 Le rapport national pour la Tanzanie indique que le taux d'électrification était de 45 % en 1990. Compte tenu de la valeur extraordinairement élevée de cette estimation par rapport à la valeur de 2004 (donc une diminution de 34%), seules les données de cette dernière année ont été retenues.

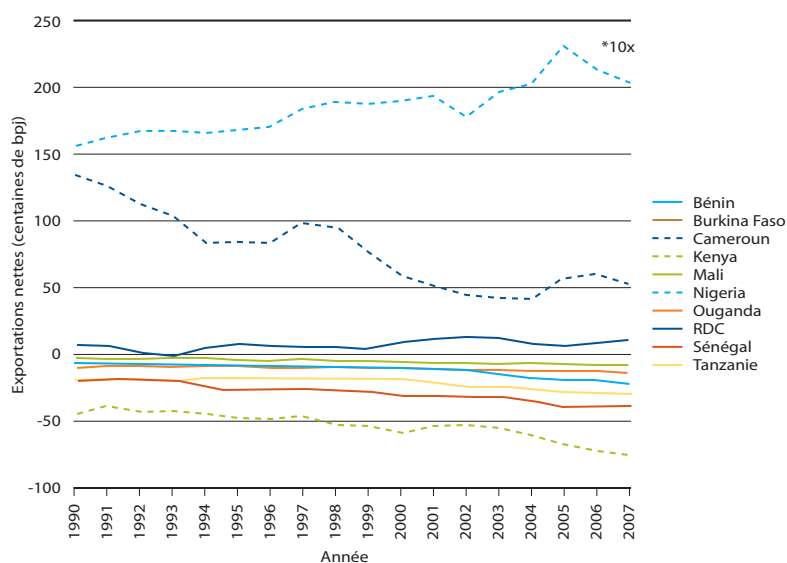
## Autonomie énergétique

Pour quatre des six pays pour lesquels les données historiques et actuelles concernant les importations d'énergie sont publiées — à savoir, le Bénin, le Burkina Faso, le Cameroun et la République démocratique du Congo — la dépendance vis-à-vis des importations d'énergies non renouvelables s'est accrue sur la période considérée, et ce, parfois de façon extraordinairement importante. Les importations d'énergies non renouvelables ont représenté 100 % de l'énergie non renouvelable consommée par l'Ouganda en 1990 et en 2008. Au Sénégal, les importations sont restées, entre 2000 et 2007, stables à 77 % de la totalité des énergies non renouvelables.

Trois des dix pays sont exportateurs nets de pétrole : le Cameroun, la République démocratique du Congo et le Nigeria, ce dernier se classant au septième rang mondial dans ce domaine (AIE 2009).

La figure 6 illustre les tendances concernant les exportations nettes de pétrole (production totale moins consommation) pour chacun des dix pays entre 1990 et 2007. Les valeurs concernant le Nigeria ont été divisées par 10 pour s'adapter à l'échelle du graphique. Une tendance *décroissante* indique un *accroissement* des importations nettes.

**Figure 6 : Tendance des exportations nettes de pétrole de 1990 à 2007.**



\* Les valeurs concernant le Nigeria ont été divisées par 10 pour s'adapter à l'échelle du graphique.

Source : Ministère américain de l'Énergie, profils énergétiques des pays.

Le Nigeria est de loin l'exportateur le plus important ; ses exportations se sont accrues de 33 % entre 1990 et 2007 pour atteindre un sommet de 210 000 barils par jour en 2007.<sup>41</sup> Le Cameroun a connu une chute brutale de 54 % de ses exportations nettes entre 1990 et 2007, mais continue à exporter plus de 5 000 barils par jour. La République démocratique du Congo est également exportatrice nette, avec toutefois un niveau actuel semblable au niveau de 1990.

Les sept autres pays sont importateurs nets. Pour tous, les importations nettes se sont *accrues* régulièrement entre 1990 et 2007. La tendance semble mineure au niveau graphique en raison de l'échelle du schéma, mais l'accroissement réel des importations a été très important. *Pour l'ensemble des sept pays importateurs nets, les importations nettes s'établissent en 2007 à un niveau au moins 60 % plus élevé que celui de 1990.*

.....  
<sup>41</sup> Toutefois, en dépit de sa position de septième exportateur mondial de pétrole, le pays reste importateur net de produits pétroliers et de kérosène pour la cuisson, essentiellement en raison de son déficit en capacités de raffinage. Cette vulnérabilité est encore aggravée par le fait que l'économie nigériane est extrêmement dépendante des revenus qu'elle tire de l'exportation du pétrole (AIE 2009).

L'analyse des résultats produits par l'indicateur illustre le fait que la dépendance vis-à-vis des exportations, à l'image de la dépendance vis-à-vis des importations, de pétrole accroît la vulnérabilité nationale d'un pays. Une dépendance importante par rapport aux revenus en provenance des exportations de pétrole rend le pays vulnérable économiquement comme l'illustre la situation du Nigeria ; le secteur pétrolier y représente plus de 95 % des revenus à l'exportation et environ 85 % des revenus budgétaires (AIE 2009 ; Frynas 2000).

## Indicateurs techniques

### 1. Évolution de la quantité d'énergie provenant de sources renouvelables

### 2. Niveau de diversité des sources et des technologies d'énergies renouvelables

L'hydroélectricité (à laquelle s'ajoutent les centrales thermiques) produit la majorité de l'électricité de l'ASS. Toutefois, la biomasse reste la forme d'énergie prédominante ; elle représente en effet plus de 70 % de l'énergie totale consommée dans neuf des dix pays objets de ce rapport<sup>42</sup>, cette très large diffusion de l'exploitation traditionnelle de la biomasse étant à la fois une cause et une conséquence de la pauvreté.

L'un des moyens pour un pays d'accroître sa résilience consiste à diversifier son bouquet énergétique. L'exploitation des énergies renouvelables peut favoriser l'atténuation de la vulnérabilité engendrée par des niveaux élevés d'importations et/ou d'exportations de carburants fossiles. Les microsystèmes et picosystèmes hydroélectriques diminuent la nécessité de faire appel à des lignes de transmission et de distribution sur des longues distances, sources de vulnérabilités supplémentaires. Les applications énergétiques à base d'énergie éolienne, solaire et issue des combustibles verts locaux permettent de produire de l'énergie en fonction des meilleures ressources disponibles.

**Tableau 10 : Énergie en provenance de sources renouvelables et niveaux de diversification.**

	Sources renouvelables en pourcentage de la production totale d'électricité*	Sources renouvelables en pourcentage du bouquet énergétique*	Évolution (variation absolue en pourcentage)	Diversification des sources d'énergie renouvelable en pourcentage de la production totale d'électricité*	Diversification des sources d'énergie renouvelable en pourcentage du bouquet énergétique*
Bénin	1996 : 0,2 % 2005 : 0,7 % <sup>43</sup>	—	+0,5 %	—	2004 : 59,5 % bois ou charbon de bois
Burkina Faso	—	2002 : 86 % 2008 : 84 % <sup>44</sup>	-2 %	2002 : 14,5 % 2008 : 16 % <sup>45</sup>	—
Cameroun	—	1990 : 81,3 % 2002 : 84,5 %	+3,2 %	1990 : 98 % hydroélectricité 2003 : 96 % hydroélectricité	—

.....  
42 La biomasse ne représente que 58 % du bouquet énergétique total du Sénégal.

43 Les pourcentages représentent la proportion d'électricité d'origine hydroélectrique par rapport au total de l'électricité produite. La contribution varie d'une année à l'autre en fonction de la disponibilité de l'eau et peut atteindre jusqu'à 2 % certaines années (2,1 % en 2003).

44 Inclut l'électricité d'origine hydroélectrique, l'énergie solaire et la biomasse. Le pourcentage de la contribution de l'hydroélectricité et de l'électricité d'origine solaire seules, à l'exclusion de la biomasse, varie de 5,4 % en 2002 à 5,8 % en 2008.

45 Hydroélectricité et électricité d'origine solaire en pourcentage du total de l'électricité produite.

	Sources renouvelables en pourcentage de la production totale d'électricité*	Sources renouvelables en pourcentage du bouquet énergétique*	Évolution (variation absolue en pourcentage)	Diversification des sources d'énergie renouvelable en pourcentage de la production totale d'électricité*	Diversification des sources d'énergie renouvelable en pourcentage du bouquet énergétique*
Kenya	1990 : 87 % 2008 : 73 %	—	-14 %	1990 : 100 % hydroélectricité 2008 : 78 % hydroélectricité +22 % électricité d'origine géothermique <sup>46</sup>	—
Mali	2003 : 94 % 2004 : 75 % <sup>47</sup>	—	—	Le Mali est doté de quatre barrages, de plusieurs milliers de systèmes photovoltaïques, chauffe-eau solaires et séchoirs solaires, mais ne dispose de pratiquement aucun système d'énergie éolienne.	—
Nigeria	1990 : 24,8 % 2004 : 33,4 %	—	—	—	—
Ouganda	1990 : 100 % 2008 : 64,5 % <sup>48</sup>	—	—	—	2009 : 99 % biomasse
République démocratique du Congo	—	—	—	1990 : 100 % hydroélectricité 2006 : 100 % hydroélectricité	—
Sénégal	—	2000 : 100 % 2006 : 98 %	+5 %	—	2006 : 98 % biomasse
Tanzanie	2001 : 61 % 2009 : 86 % Électricité (hors pétrole) <sup>49</sup>	—	—	—	—

\* Étant donné que la majorité des analystes ont indiqué les énergies renouvelables en pourcentage du bouquet d'électricité et non pas en pourcentage du bouquet énergétique total, nous avons, pour les deux indicateurs, ajouté une deuxième colonne pour la présentation de ces informations.

.....  
46 Depuis 1990, une petite quantité d'électricité est également produite par cogénération et par énergie éolienne, toutefois, en 2008, la contribution de chacune de ces sources était inférieure à 1 %.

47 Ces chiffres font référence à la contribution de l'hydroélectricité par rapport à celle de l'électricité d'origine thermique.

48 Hydroélectricité en proportion de la production totale d'électricité.

49 Le gaz naturel est exploité pour la production d'électricité.

## ❏ Évaluation flash

En dépit des différences de présentation concernant la part d'énergie en provenance de sources renouvelables, il est clair que l'hydroélectricité représente la source de production électrique renouvelable prédominante en ASS. Toutefois, la majorité des systèmes hydroélectriques décrits dans les rapports par pays ont des capacités de production dépassant 10 à 15 MW, ce qui est souvent considéré comme la limite supérieure d'un « petit » système hydroélectrique.<sup>50</sup>

Le tableau 10 illustre également la faible diversification des bouquets de sources d'énergie renouvelable des différents pays. À l'image de la prédominance de la biomasse dans l'ensemble de l'ASS, les pourcentages élevés que l'hydroélectricité représente dans le bouquet énergétique du Cameroun, de la République démocratique du Congo et du Kenya sont préoccupants. En effet, compte tenu du niveau élevé de vulnérabilité de l'Afrique par rapport aux changements climatiques et de la détérioration rapide de l'eau et de la biomasse en tant que services écosystémiques pourvoyeurs d'énergie, il existe une probabilité importante de voir ces services énergétiques gravement compromis.

S'il est vrai que le Bénin, le Burkina Faso, la République démocratique du Congo, le Kenya, le Mali, le Sénégal et la Tanzanie disposent tous d'un certain niveau d'utilisation de l'énergie solaire, la capacité installée combinée de tous ces pays ne dépasse pas 15 MW. Le Sénégal est le seul pays à avoir planifié un projet éolien de 15 MW.

Dans l'ensemble des pays étudiés, les investissements dans les énergies renouvelables sont très faibles. Si l'on considère qu'à ce jour, seuls 7 % du potentiel hydroélectrique total de l'ASS sont exploités, il existe d'importantes possibilités de croissance des investissements, en particulier dans le secteur des petits systèmes hydroélectriques. Au-delà de l'hydroélectricité, de nombreuses opportunités n'ont toujours pas été pleinement exploitées, notamment l'amélioration des normes de rendement énergétique pour l'utilisation de la biomasse ainsi que les investissements dans des technologies modernes s'appuyant sur la biomasse comme le biogaz, les carburants verts et la cogénération.

*Une plus grande diversification, un développement des investissements dans les systèmes d'offre énergétique et une gestion de l'énergie fondée sur la demande constitueront des facteurs cruciaux pour stimuler la croissance et protéger les systèmes énergétiques contre les défis climatiques actuels et futurs.*

## Indicateurs sociaux

### 1. Évolution de la prévalence des maladies

### 2. Évolution de l'emploi

Les populations de l'ASS souffrent de très nombreuses maladies infectieuses susceptibles d'être prévenues et guéries. On estime que le VIH/SIDA, la tuberculose et le paludisme tuent chaque année environ 3 millions de personnes dans la région (OMS 2006). Les enfants sont accablés par une santé médiocre, conséquence de la rougeole, d'infections hydriques et de maladies parasitaires. Cette situation se traduit en souffrances, appauvrissement, pertes de vie sans nombre et productivité réduite. Le détournement de ressources déjà extrêmement limitées pour lutter contre ces maladies semble piéger ces pays dans un cycle infernal de pauvreté et de maladie. Limiter la diffusion d'une maladie et en gérer le traitement efficacement constituent une démarche centrale pour la santé et la productivité globale d'une collectivité. Une société en bonne santé est productive et résiliente.

.....

50 Les systèmes hydroélectriques de grande capacité sont la source d'impacts significatifs sur la biodiversité environnante. La création de bassins hydrologiques permet une diffusion des maladies hydriques plus rapide et favorise le développement d'une végétation qui, en se décomposant, relâche des gaz à effet de serre et contribue ainsi au réchauffement planétaire. On assiste également à une dégradation de la qualité de l'eau. La structure du barrage lui-même entrave la migration des poissons et perturbe les flux hydriques et sédimentaux. Les structures vieillissantes présentent également des risques spécifiques pour la sécurité. La réduction des débits fluviaux génère des impacts en aval, notamment la perturbation des flux hydriques et sédimentaux et la réduction de la biodiversité. Les collectivités concernées souffrent d'une qualité de l'eau médiocre, d'une baisse de production des récoltes et d'une diminution des populations de poissons (International Rivers).



L'emploi constitue un autre indicateur fondamental de la santé d'une nation. Le chômage n'est pas uniquement un facteur de pauvreté pour les ménages, il entraîne également des pertes pour l'économie dans son ensemble en termes de production potentielle, de revenus fiscaux et de capital humain. Une mauvaise situation sur le marché de l'emploi réduit également les opportunités de développement humain et restreint la participation sociale et politique. L'emploi est considéré comme l'une des exigences fondamentales pour l'atteinte des ODM.

## ❏ Évaluation flash<sup>51</sup>

### Prévalence des maladies

Dans l'ensemble des dix pays étudiés, les maladies d'origine hydrique, que ce soit le choléra, la dysenterie, le paludisme ou une combinaison de ces maladies, ont été choisies par les analystes HELIO en temps que maladies prévalentes. *Tous les chiffres fournis par les analystes indiquent que les taux des maladies hydriques sont de nature épidémique.* Alors que le taux des diarrhées infantiles s'est réduit au Burkina Faso et au Cameroun, le paludisme s'est développé de façon significative en Ouganda, bien que l'on ne puisse pas déterminer clairement si ce phénomène est dû à une augmentation du nombre de cas ou à une amélioration des systèmes de signalement.

Globalement, la nature épidémique de certaines maladies hydriques rend difficile la déduction de tendances à partir de données limitées. Il n'est en effet pas facile de déterminer si les variations d'une année sur l'autre sont dues à des modifications systémiques des infrastructures de santé ou à des évolutions plus ou moins aléatoires de la maladie elle-même. Ce qui est parfaitement clair en revanche, c'est que *la variation des conditions climatiques ne fera qu'exacerber cette situation.*

Comme nous l'avons déjà indiqué dans ce rapport, le changement climatique ne se limitera pas à modifier les schémas et les quantités des précipitations, il accroîtra également la fréquence des événements extrêmes comme les chutes de pluies excessives, le regain de tempêtes, les inondations et les sécheresses. Ces phénomènes climatiques extrêmes ont d'importants effets sur la disponibilité, la qualité ou l'accès à l'eau, ce qui constitue une menace pour les populations. Les pathogènes hydriques qui sont la cause des diarrhées, du paludisme, de la dysenterie, etc. se propagent par la consommation d'eau ou par son utilisation occasionnelle à d'autres fins. Des systèmes de distribution et de traitement de l'eau obsolètes peuvent également être victimes d'événements météorologiques extrêmes, accroissant par là même de façon significative la vulnérabilité de l'approvisionnement en eau potable. Des précipitations excessives sont en mesure de pousser les systèmes de traitement de l'eau au-delà de leurs capacités. Des sécheresses ou des périodes sèches de longue durée peuvent réduire les débits fluviaux, induisant une concentration accrue d'effluents et de pathogènes.<sup>52</sup>

### Évolution de l'emploi

Les informations en provenance des rapports des dix pays étudiés illustrent l'insuffisance des décisions et des mesures prises pour incorporer de façon explicite des objectifs d'emploi dans les stratégies de réduction de la pauvreté et dans les programmes de développement nationaux. La plupart de ces informations ont toutefois un caractère anecdotique compte tenu du peu, voire de l'absence, d'informations officielles concernant les chiffres de l'emploi. Lorsque ces informations existent, les chiffres du chômage sont étonnamment bas. Si l'on s'appuie sur les observations des analystes, il est probable que les taux de chômage officiels sous-estiment notablement le nombre réel de personnes sans emploi ou sous-employées.<sup>53</sup>

.....  
51 La variété des maladies choisies et les variations dans les mesures utilisées ont rendu impossible la création d'un tableau comparatif. Nous avons choisi à la place de présenter une évaluation qualitative accompagnée des informations en provenance des rapports par pays.

52 Centre européen pour la prévention et le contrôle des maladies (ECDC) <http://www.ecdc.europa.eu>

53 Cette réalité semble corroborée par une étude de 2006 de l'Organisation internationale du travail, ainsi que par une déclaration diffusée par la commission économique pour l'Afrique lors de sa conférence régionale de 2006 indiquant que : « [la] pénurie de statistiques sur l'emploi impose des contraintes difficiles aux décideurs. L'Afrique est la région du monde où la publication des chiffres du chômage est la plus limitée... De nombreux instituts nationaux de statistiques

En dépit d'une importante amélioration de la croissance économique en ASS ces dernières années, la croissance de l'emploi dans la région est restée en deçà de la croissance démographique. En conséquence, le taux de personnes employées par rapport à la population adulte pour l'ensemble de l'ASS a décru de 69 % à 67 % en 2005 (OIT 2006).

Le nombre de travailleurs pauvres est également en croissance, compte tenu de la disparition progressive des emplois bien payés et de l'exclusion d'une proportion importante de la population active des avantages de la croissance économique. Sur la base d'un seuil de pauvreté d'un dollar par jour, le nombre de travailleurs pauvres en ASS représentait 56,3 % du total des personnes employées (OIT 2006). De nombreux travailleurs pauvres sont employés dans le secteur informel.<sup>54</sup>

Pour dire les choses simplement, le niveau de sous-emploi dans des économies rurales et agricoles reste élevé, étant donné le peu d'intérêt accordé par les gouvernements à ces secteurs. Le manque d'investissements, un accès limité et difficile aux marchés urbains, une dépendance vis-à-vis des conditions climatiques et une disponibilité limitée de technologies adaptées sont la cause du maintien des populations rurales dans des activités à faible productivité (OIT et CEA 2006).

*La dépendance des travailleurs du secteur informel vis-à-vis de la terre et la taille même de ce secteur constituent d'extraordinaires vulnérabilités.* La variabilité et la nature faiblement prédictive des schémas climatiques se répercutent sur la façon dont les cultures poussent, sont transportées et sont vendues. Les emplois du secteur informel sont extrêmement volatiles, ce qui cause une grande instabilité au sein des familles et des collectivités. Le développement des conflits pour l'accès à des ressources limitées constitue un impact secondaire du chômage et du sous-emploi.

## Indicateurs civiques (gouvernance)

### 1. Amélioration de la réforme foncière

### 2. Évolution de la participation citoyenne au processus de planification

La forme juridique de propriété et d'exploitation des terres fait partie intégrante d'un cadre social, politique et économique sain et performant (ODI 1999). Le fait de pouvoir disposer d'un endroit sûr où vivre avec un accès à la terre et aux ressources naturelles et en l'absence de toute menace d'éviction constitue, pour ceux qui, à l'image de la majorité des populations de l'ASS, comptent largement sur les ressources locales naturelles pour leur subsistance, la pierre angulaire d'une vie productive. L'accès à un certain nombre d'actifs, comme la terre, détermine la façon dont les populations les plus pauvres et les plus vulnérables de la collectivité, et en priorité les femmes, pourront améliorer leur subsistance et la pérennité de ce progrès.

Le capital social qui se manifeste sous la forme de la participation citoyenne est également important. L'existence d'une société civile faisant partie intégrante du processus de décision constitue un marqueur essentiel d'une véritable démocratie, quelle qu'elle soit. Cette participation peut prendre la forme d'organisations indépendantes et de corps constitués, allant des ordres professionnels et des églises aux organisations non gouvernementales. Ces groupes s'expriment au nom de ceux qui ne pourraient pas être entendus autrement. Dans les situations où la gouvernance démocratique laisse la société civile au bord de la route, les organisations non gouvernementales sont en mesure d'aider à combler ce vide.

.....

manquent des moyens humains et financiers pour recueillir et diffuser les données relatives à l'emploi. Ce phénomène est aggravé par l'informalisation de l'économie qui nécessite des approches fiscales et techniques innovantes pour produire des statistiques de l'emploi.»

<sup>54</sup> Le secteur informel comprend l'ensemble des activités économiques qui ne sont ni soumises à l'impôt ni contrôlées par le gouvernement et qui ne sont donc pas incluses dans le calcul du PNB.

**Tableau 11 : Propriété des terres et participation.**

	Propriété et exploitation des terres	Évolution (%)	Niveau de participation au processus de planification
Bénin	Introduction d'une loi relative aux terres en zones rurales, mais absence de législation concernant la propriété des terres en zone urbaine	—	Tendance à une gouvernance décentralisée, mais nécessité de renforcer les capacités humaines et les institutions
Burkina Faso	L'ensemble des terres est la propriété de l'État <sup>55</sup>	—	Relativement fort ; favorisé par des lois de 1992-2004 ; milliers d'ONG et d'associations
Cameroun	1996 : 48 % 2001 : 59 % Ménages détenant des terres	+11 %	Existence de lois promulguées en 1992 ayant donné de nouvelles fondations à la société civile ; toutefois, faible participation aux décisions concernant les questions énergétiques concernées par le changement climatique
Kenya	Politique foncière en cours de réexamen en vue d'une distribution des ressources plus équitable Politique foncière développée entre 2004 et 2008 n'ayant jamais été mise en œuvre	—	1990 : 35 % 2007 : 39 % Électeurs inscrits
Mali	Questions de droit à la terre liées au processus de décentralisation en cours depuis de nombreuses années. 8 lois couvrent la création de municipalités, dont l'une relative au développement de réglementations et de codes pour les gouvernements locaux En principe, les populations rurales pourront et devront gérer leurs actifs et garantir un accès libre aux terres	—	—
Nigeria	Le gouvernement possède toutes les terres et émet des <i>certificats d'occupation</i> pour les demandeurs	—	—
Ouganda	1990 : 0 % 2006 : 28 % Ménages possédant une terre	+28 %	—
République démocratique du Congo	1990 : 67,4 % 2000 : 59,7 % Population agricole	-7,7 %	—
Sénégal	1994 : 33,4 % 2002 : 32,7 % Population agricole <sup>56</sup>	-0,7 %	Limité, mais études d'impact environnemental exigées depuis 2001
Tanzanie	2000 : 16 % zones urbaines ; 19 % zones rurales 2006 : 15 % zones urbaines ; 22 % zones rurales	-1 % en zones urbaines +3 % en zones rurales	Limité avec quelques améliorations ; parties prenantes désormais consultées avant tout changement de tarif

55 13 % de la surface totale du Burkina Faso sont cultivés et 25 % recouverts de forêts.

56 Pourcentage de la population totale qui possède une terre agricole ou y a accès.

### ❏ Évaluation flash

Bien que le nombre de personnes propriétaires de leur terre reste limité, il est intéressant de noter qu'il est en croissance, une croissance qui s'effectue toutefois sur un rythme ralenti. *Il conviendra de porter une attention particulière aux questions juridiques de propriété et d'exploitation des terres en milieu urbain, en particulier si les effets du changement climatique poussent les populations hors de leurs terres, à la recherche d'un emploi et/ou de ressources.* Aucun des pays étudiés n'a lancé de politique de réforme agraire en zone urbaine.

La participation civique commence à décoller avec, au Burkina Faso, une société civile particulièrement dynamique. Il reste à voir si ce phénomène aura un impact positif sur le bien-être global des populations et sur la réduction de la pauvreté.

Energie géothermique des "hornitos" (structures volcaniques créées par l'émergence graduelle du magma) – *iStockphoto: guenterguni*



# Systèmes énergétiques : vulnérabilité et résilience

Comme cela a déjà été indiqué en détail dans ce rapport, le changement climatique aura des impacts directs sur la demande comme sur l'offre énergétiques. La façon dont cette dernière sera touchée est toutefois moins évidente.

Compte tenu du rôle central que joue l'énergie pour le développement économique et social, et compte tenu du fait que le changement climatique aura des effets sur les services écosystémiques fournisseurs d'énergie, il est crucial d'être en mesure d'évaluer les vulnérabilités principales de chacun des systèmes énergétiques. Une fois les vulnérabilités identifiées, il devient possible de concevoir et de mettre en œuvre des mesures d'adaptation appropriées. Ce processus doit être appliqué aux infrastructures existantes et à leurs évolutions prévues.

Les indicateurs de vulnérabilité indiqués dans le tableau suivant couvrent les principaux systèmes énergétiques. Ils visent à mesurer leur niveau de vulnérabilité vis-à-vis des éléments clés d'ordre climatique identifiés par HELIO.

Les analystes HELIO ont appliqué ces indicateurs de vulnérabilité à leurs systèmes énergétiques nationaux respectifs, et ont pu dégager un certain nombre de résultats synthétisés dans les pages suivantes.

---

**Indicateurs de vulnérabilité : la vulnérabilité de chaque système énergétique est calculée conformément aux indicateurs pertinents mentionnés ci-dessous.**

## Charbon

- VC1 : Nombre d'installations de mines de charbon situées à moins d'un mètre au-dessus du niveau de la mer dans une zone accessible à une inondation ayant actuellement une période de récurrence de 100 ans.

## Pétrole et gaz

- VPG1 : Pourcentage d'installations pétrolières et gazières *offshore* susceptibles d'être touchées par une tempête présentant des rafales dépassant 70 m/s durant les 20 prochaines années.
- VPG2 : Pourcentage ou nombre de raffineries susceptibles d'être touchées par une tempête présentant des rafales dépassant 70 m/s durant les 20 prochaines années.

## Ensemble des combustibles fossiles

- VF1 : Nombre de centrales électriques thermiques (charbon, pétrole et gaz) situées à moins d'un mètre au-dessus du niveau de la mer dans une zone accessible à une inondation ayant actuellement une période de récurrence de 100 ans.

*Informations additionnelles* : nombre attendu de sécheresses conduisant à une diminution des capacités des centrales électriques thermiques de plus de 10 % dans les 30 prochaines années.

## Nucléaire

- VN1 : Nombre de centrales nucléaires situées à moins d'un mètre au-dessus du niveau de la mer dans une zone accessible à une inondation ayant actuellement une période de récurrence de 100 ans.
- VN2 : Nombre d'incidents ou d'accidents s'étant produits depuis la construction de la centrale.
- VN2b : Décrire les incidents les plus significatifs.

## Hydroélectricité

- VH1 : Variations attendues des précipitations (en pourcentage) sur les 20 à 50 prochaines années et/ou probabilité d'inondation de chacun des bassins versants.
- VH2 : Nombre actuel de barrages à usages multiples dans le pays ; volume d'eau en m<sup>3</sup> de chaque barrage.
- VH2b : Décrire le type d'utilisation de l'eau en pourcentage — agriculture, énergie, boisson.

*Informations additionnelles* : ruissellement pluvial additionnel attendu de la fonte des glaciers (millions de m<sup>3</sup>).

---

### Systèmes de transmission

- VT1 : Longueur en kilomètres des lignes terrestres de transmission et de distribution dans le pays.
- VT1b : Distinguer entre haute tension (transmission), et moyenne et basse tensions (distribution).
- VT1c : Décrire toute ligne transnationale.
- VT2 : Nombre et durée des coupures de courant (réparties entre les coupures dues aux conditions météorologiques ou à des pannes d'équipement, et celles dues au rationnement).
- VT2b : Nombre d'heures moyen annuel d'interruption.
- VT3 : Pourcentage de l'offre d'énergie nécessitant un transport régional sur plus de 50 km.
- VT3b : Pourcentage correspondant au transport de combustibles fossiles.
- VT3c : Pourcentage correspondant au transport de biomasse.

Faire si possible un commentaire sur le secteur informel.

### Biomasse

- VB1 : Proportion, en pourcentage, de la biomasse utilisée à des fins énergétiques par rapport à la production totale de biomasse.
- VB1b : Distinguer si possible entre différentes sources et différentes applications — récolte de la biomasse agricole, électricité, chaleur.
- VB1c : Récolte de la biomasse forestière (selon la définition de la FAO) — électricité, chaleur.
- VB2 : Pourcentage d'évolution attendu des précipitations durant les 20 à 50 prochaines années.

*Informations additionnelles* : probabilité en pourcentage d'un accroissement de la température au-delà de la tolérance biologique à la chaleur des principales récoltes de biomasse durant les 20 prochaines années.

### Vent

- VV1 : Nombre de turbines éoliennes situées à moins d'un mètre au-dessus du niveau de la mer.
- VV2 : Évolution de la vitesse moyenne du vent en pourcentage durant les 20 prochaines années en fonction des modèles climatiques régionaux.

### Solaire

- VS1 : Capacité des installations solaires déjà en place (en m<sup>2</sup>).
- VS1b : Distinguer entre PV (MW) et thermique (m<sup>2</sup>).
- VS1c : Décrire les sites (qualité de l'isolation et de la construction dans laquelle le système est installé), ainsi que le type de propriété (privée, gouvernementale, partenariat public/privé, etc.).
- VS2 : Accroissement attendu des températures, en degrés centigrades, pertinent pour les performances PV.

*Informations additionnelles* : modification prévue, en pourcentage, des précipitations et de la couverture nuageuse durant les vingt prochaines années.

---



## Indicateurs de vulnérabilité

Les principaux systèmes énergétiques de chacun des pays ont été évalués par rapport aux indicateurs de vulnérabilités mentionnés. Compte tenu du fait qu'aucun des pays étudiés ne possède d'installations nucléaires, cet indicateur n'a pas été repris. Les indicateurs de transmission ont été mentionnés séparément.

<b>VC1 : Nombre de mines de charbon situées moins d'un mètre au-dessus du niveau de la mer</b>	<b>VPG1 : Nombre d'installations pétrolières et gazières courant le risque d'être touchées par des tempêtes graves</b>
<b>VPG2 : Nombre de raffineries courant le risque d'être touchées par des tempêtes graves</b>	<b>VF1 : Nombre de centrales électriques thermiques situées moins d'un mètre au-dessus du niveau de la mer</b>
<b>VH1 : Évolution des précipitations attendue durant les 20 à 50 prochaines années (hydroélectricité)</b>	<b>VH2 : Nombre de barrages multifonctionnels</b>
<b>VB1 : Pourcentage de la biomasse utilisé à des fins énergétiques</b>	<b>VB2 : Évolution des précipitations attendue durant les 20 à 50 prochaines années (biomasse)</b>
<b>VV1 : Nombre de turbines éoliennes situées moins d'un mètre au-dessus du niveau de la mer</b>	<b>VV2 : Évolution attendue de la vitesse du vent moyenne</b>
<b>VS1 : Capacités des systèmes solaires existants</b>	<b>VS2 : Accroissement attendu des températures durant les 20 à 50 prochaines années</b>

**Tableau 12 : Synthèse des vulnérabilités des systèmes énergétiques par pays.**


	<b>Charbon, pétrole, gaz + ensemble des carburants fossiles</b>	<b>Hydroélectricité</b>	<b>Hydroélectricité + biomasse</b>	<b>Biomasse</b>	<b>Vent</b>	<b>Solaire</b>
	Installations vulnérables aux conditions météorologiques extrêmes (indicateurs VC1, VPG1, VPG2, VF1)	Barrages (indicateur VH2)	Évolution des précipitations (indicateurs VH1, VB2)	Pourcentage utilisé à des fins énergétiques (indicateur VB1)	Installations éoliennes vulnérables aux inondations et aux vitesses du vent (indicateurs VV1, VV2)	Capacités solaires actuelles et accroissement des températures (indicateurs VS1, VS2)
Bénin	1 centrale électrique	Pas de barrage multifonctionnel	Pas de donnée disponible	Pas de donnée disponible	Aucune	0,6 MW
Burkina Faso	Aucune	2 500 barrages	Accroissement de 15 % à 30 % en allant vers le sud	Pas de donnée disponible	Aucune	1 000 kWc Accroissement des températures de 2 °C à 4 °C d'ici 2025
Cameroun	80 % des unités pétrolières et gazières ; 1 raffinerie également	3 barrages multifonctionnels pour une capacité totale de 7,6 m <sup>3</sup>	Diminution de 2,2 % par décennie depuis 1960	Pas de donnée disponible	Aucune	Pas de donnée disponible
Kenya	Aucune	Pas de donnée disponible	Diminution de 2,6 % par décennie entre 1960 et 2006. Diminution prévue de 15,6 % d'ici 2050	45 % de la biomasse sont utilisés à des fins thermiques (chauffage, cuisson)	Aucune	4,3 MW de PV dans les habitations Accroissement attendu des températures de 0,42 °C
Mali	Aucune	5 barrages	Accroissement de 10 à 40 % d'ici 2050 pour les latitudes élevées et pour certaines régions humides	78 % de la biomasse sont utilisés à des fins énergétiques <sup>57</sup>	Aucune	> 3 MW (chauffe-eau solaires, séchoirs, PV) Aucune donnée disponible sur les températures

57 Ce pourcentage inclut la biomasse utilisée à des fins domestiques (cuisson). L'utilisation de la biomasse pour les systèmes énergétiques, par exemple pour produire de l'électricité, est bien plus faible.

Charbon, pétrole, gaz + ensemble des carburants fossiles	Hydroélectricité	Hydroélectricité + biomasse	Vent	Solaire		
			Diminution de 10 à 30 % pour les latitudes intermédiaires et pour les régions tropicales sèches			
Nigeria	4 unités pétrolières et gazières Les raffineries présentent également un certain niveau de vulnérabilité (10 % à 15 % de probabilité de dommages)	4 barrages pour une capacité de production électrique totale de 55 MW ; non utilisés à ce jour pour la production d'électricité	Accroissement de 10 % à 10 %	34 % de la biomasse sont utilisés à des fins énergétiques	Aucune Les études achevées récemment sur les tendances concernant les vitesses du vent ont déterminé une diminution de 5 % entre 1990 et 1999	2 375 m² de thermique ; moins de 0,25 MW de PV Accroissement minimum de 7 °C
Ouganda	Aucune	60 microcentrales hydroélectriques pour une capacité de 210 MW ; des centaines de barrages en vallée	La très grande majorité de l'hydroélectricité est produite à partir des courants de débordement du lac Victoria : réduction des courants de débordement de 3 % à 4 % rapport à l'année de référence 1945 ; accroissement des courants de débordement de 6 % à 10 % d'ici 2085 par rapport à l'année de référence 1945	95 % du bois sont utilisés à des fins énergétiques ; 50 % des résidus des cultures sont utilisés	Aucune	Pas de donnée disponible sur l'un ou sur l'autre
République démocratique du Congo	Aucune Les quatre mines de charbon sont situées dans la province intérieure du Katanga	Pas de barrage multifonctionnel	Accroissement de 7 % à 11 %	Pas de donnée disponible	Aucune	836 installations PV pour une capacité de 760 kWc Lat. -2,5° : accroissement de 2,5 °C à 3,2 °C Lat. -7,5° : accroissement de 2,8 – 3,0°C Lat. -12,5° : accroissement de 3,3 °C
Sénégal	3 centrales électriques	2 barrages multifonctionnels	Diminution de 17 %	45 % de la biomasse sont utilisés à des fins de production de chaleur.	Aucune Un site pour l'implantation d'une première ferme éolienne est en cours d'étude	2 315 kWc Accroissement des températures de 11,7 %
Tanzanie	1 raffinerie	6 barrages multifonctionnels ; environ 4 200 MW de capacité combinée	Les précipitations bimodales <sup>58</sup> s'accroîtront de 5 % à 45 % Les précipitations unimodales <sup>59</sup> diminueront de 5 % à 15 %	La biomasse contribue à 90 % de l'énergie primaire totale ; une partie est utilisée dans des usines	Aucune	1,7 MW de PV Accroissement des températures de 0,8 %

58 Deux saisons distinctes.

59 Une saison distincte.

Charbon, pétrole, gaz + ensemble des carburants fossiles	Hydroélectricité	Hydroélectricité	Biomasse + biomasse	Vent	Solaire	
<div></div> <div>Évaluation flash</div>	<p>La majorité des centrales électriques thermiques dans les pays étudiés ne sont pas vulnérables aux tempêtes côtières et à l'érosion. Le Cameroun et le Nigeria font toutefois exception. Le Cameroun est particulièrement vulnérable, compte tenu du fait que la majorité de ses centrales thermiques et de ses raffineries sont situées sur le littoral.</p>	<p>Aucun pays n'étant doté d'un nombre de barrages multifonctionnels significatif, on peut supposer que la majorité de l'eau sera utilisée à des fins de production hydroélectrique. C'est pourquoi, durant les périodes où la disponibilité de l'eau est limitée, la nécessité d'en divertir une partie pour d'autres usages comme l'agriculture, la consommation humaine, etc. réduit encore la fréquence des délestages et les coupures de courant associées.</p>	<p>Comme nous l'avons vu en détail au chapitre « Vulnérabilités au niveau des pays », les schémas des précipitations évoluent, toutefois il ne se dégage pas à ce jour de tendance claire vers un accroissement ou une décroissance des niveaux. Les tendances ayant pu être observées concernent la migration des pluies vers le sud au Burkina Faso et au Mali, et une migration vers le nord au Sénégal et en Tanzanie. Selon les circonstances, un accroissement ou une décroissance des précipitations pourrait s'avérer bénéfique ou néfaste pour une région ; toutefois, l'incapacité de faire des prédictions rend la mise en œuvre anticipée de réponses appropriées particulièrement délicate, et accroît donc la vulnérabilité de ces systèmes.</p>	<p>La biomasse est peu utilisée pour la production électrique, mais est exploitée par les ménages à très grande échelle à des fins énergétiques. Le Bénin, la République démocratique du Congo, le Sénégal et la Tanzanie étudient actuellement l'utilisation de la biomasse pour des applications industrielles.</p>	<p>En dehors d'une ferme d'éoliennes de 10 MW prévue dans le nord du Sénégal, il n'existe aucune ferme éolienne dans les pays ayant fait l'objet de cette enquête.</p>	<p>Globalement les installations PV sont de petite taille. Les principales utilisations sont les communications, le chauffage de l'eau, l'alimentation des unités de réfrigération, l'électrification des maisons, des écoles et des hôpitaux. La principale vulnérabilité de ces systèmes réside dans la structure sur laquelle ils sont construits. La plupart se trouvent sur les toits, quelques installations plus importantes bénéficiant de structures indépendantes. Les accroissements de température prévus ne sont actuellement pas suffisamment significatifs pour se répercuter sur la production d'électricité.</p>

L'objectif des indicateurs suivants consiste à déterminer le niveau de vulnérabilité des infrastructures de transmission de l'énergie.

#### VT1 : Longueur des lignes nationales de transmission et de distribution

Il est généralement admis que pour accroître les taux d'électrification, il convient d'étendre les lignes de transmission et de distribution. Toutefois, du point de vue du changement climatique, les systèmes de transmission et de distribution sont perçus comme des sources de vulnérabilité.

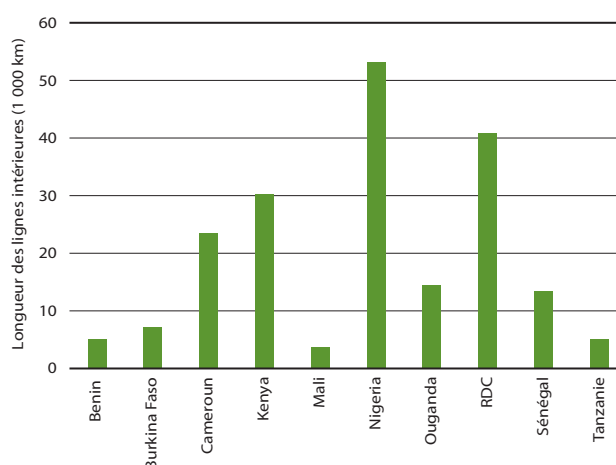
Les modifications des schémas météorologiques auront un impact sur la transmission et l'utilisation de l'énergie, indépendamment de la façon dont elle est produite. Une chaleur intense pourrait perturber la conductivité des lignes et diminuer leur rendement. Des événements extrêmes seraient susceptibles d'accroître le risque de panne des lignes de transmission, empêchant l'électricité d'arriver jusqu'à ses usagers. Des situations météorologiques difficiles devraient également réduire la demande d'électricité suite à la destruction physique des entités consommatrices, c'est-à-dire les entreprises, les industriels et les ménages ; une réduction qui, à son tour, aurait des implications sur le système de transmission.

Cet indicateur mesure la longueur des lignes domestiques de transmission et de distribution, ainsi que de toute ligne transnationale existante.

**Tableau 13 : Indicateur VT1.**

Pays	Longueur des lignes domestiques de transmission et de distribution (km)	Lignes transnationales (km)
Bénin	5 620	618
Burkina Faso	7 521	600
Cameroun	23 783	—
Kenya	30 404	249
Mali	4 436	600
Nigeria	53 979	—
Ouganda	14 312	—
République démocratique du Congo	40 917	—
Sénégal	13 477	945
Tanzanie	5 451	—

Note : une case non remplie indique que les données n'étaient pas disponibles ou qu'il n'existe pas de ligne transnationale.

**Figure 7 : Longueur totale des lignes intérieures de transmission et de distribution**

Note : quelques pays disposent de lignes transnationales non négligeables ; le Mali est doté d'une ligne de distribution transnationale de 3 289 km et de plus de 600 km d'interconnexion avec la Côte d'Ivoire.

### ❏ Évaluation flash

La vulnérabilité des lignes de transmission et de distribution vis-à-vis des événements météorologiques extrêmes dépend de leur longueur ainsi que de la structure du réseau et des caractéristiques d'exploitation. D'une façon générale, plus un système de distribution et de transmission est étendu, plus sa vulnérabilité vis-à-vis de dommages potentiels est importante. Cette situation représente une difficulté particulière pour les pays géographiquement étendus comme la République démocratique du Congo, le Mali et le Nigeria. Le Nigeria, qui dispose du taux d'accès des ménages à l'électricité le plus élevé parmi les dix pays avec près de 40 %, est également doté des lignes de transmission les plus longues (10 fois la longueur de celles du Mali).

Il est possible de réduire la vulnérabilité des systèmes de transmission et de distribution et d'accroître leur fiabilité en mettant l'accent sur l'installation de systèmes énergétiques décentralisés ou locaux, à l'image des micro-réseaux, conçus pour permettre l'isolation et la limitation des perturbations. Le développement des capacités internes, grâce à la formation et à l'embauche d'ingénieurs pour entretenir et réparer les systèmes, représente une autre possibilité d'adaptation.

**VT2 : Nombre et durée des coupures de courant**

La robustesse du système de transmission et de distribution se mesure par le nombre et la durée des coupures de courant, programmées ou non. Les pannes dues aux conditions météorologiques, les pannes d'équipements et les rationnements sont également détaillés.

**Tableau 14 : Indicateur VT2.**

Pays	Nombre et durée des coupures de courant
Bénin	Environ 2 800 heures de coupures d'électricité dues au rationnement et juste un peu plus de 620 heures de coupures non programmées. Parmi les coupures non programmées, la répartition entre celles dues à des pannes d'équipements dues à la situation météorologique et celles dues à l'obsolescence du système, le vandalisme, etc. n'est pas claire.
Burkina Faso	Les villes d'Ouagadougou et de Bobo Dioulasso ont connu en 2007 1 513 coupures d'électricité. 5,1 % de ces coupures étaient dues au rationnement.
Cameroun	2 985 MW de capacité de production n'ont pas été utilisés entre janvier et octobre 2005, suite à des incidents techniques s'étant produits sur les réseaux de transmission et de distribution.
Kenya	11 000 pannes de courant par mois. 32 millions d'heures d'interruption par an, dont 60 % dus à des tentatives de fraude sur les lignes électriques.
Mali	Réseau HT : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre de coupures : 2006 = 56 ; 2007 = 49.</li> <li>• Durée des coupures : 2006 = 35 heures ; 2007 = 19 heures</li> <li>• Nombre de coupures programmées pour des travaux : 2006 = 15 ; 2007 = 19.</li> </ul> Réseau MT : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre de coupures : 2006 = 1 251 ; 2007 = 1 134</li> <li>• Durée des coupures : 2006 = 1 071 heures ; 2007 = 583 heures</li> <li>• Nombre de coupures programmées pour des travaux : 2006 = 349 ; 2007 = 486</li> </ul>
Nigeria	Environ 600 par an. Les causes de ces interruptions sont nombreuses, notamment un faible niveau d'eau dans les barrages en raison de la sécheresse. On ne connaît pas le nombre d'interruptions dues à la sécheresse.
Ouganda	Pas de donnée disponible.
République démocratique du Congo	788 coupures en 2006 et 846 coupures en 2007. La partie occidentale du pays a été particulièrement touchée en 2007 avec 302 coupures. 70 % des incidents sont attribuables à des pannes d'équipements, 20 % aux conditions météorologiques et 10 % au rationnement. Kinshasa est la ville la plus touchée, car elle consomme 70 % de la totalité de l'électricité produite.
Sénégal	De 2005 à 2008, la qualité du service s'est caractérisée par un nombre croissant d'incidents et par une quantité croissante d'énergie non distribuée. <ul style="list-style-type: none"> <li>• En raison d'un rationnement sévère, dû au déficit de production et à plusieurs pannes survenues sur des lignes importantes, le nombre de coupures est passé de 587 à 1 792.</li> <li>• Durant la même période de trois ans, les interruptions causées par des incidents techniques sur le réseau 30 kV ont pratiquement doublé et sont passées de 1 257 à 2 219.</li> <li>• Le nombre d'interruptions sur le réseau haute tension, dues à des pannes techniques, a, en passant de 150 à 126, diminué de 16 %.</li> </ul>
Tanzanie	De 2006 à 2007, il y a eu en moyenne 12 coupures par jour.

**❏ Évaluation flash**

En dépit de la gamme des données fournies, il est clair que chacun des dix pays ne dispose que de capacités limitées à fournir une offre d'électricité stable. Il n'est guère surprenant de constater qu'il

n'existe pas d'informations collectées à ce jour relatives aux pannes qui seraient dues à des effets climatiques. La vulnérabilité des systèmes de transmission et de distribution peut être réduite en installant des systèmes énergétiques décentralisés ou locaux. Il est également nécessaire de développer les capacités internes, grâce à la formation et à l'embauche d'ingénieurs.

En vue de réduire la fréquence des coupures, les informations doivent être réparties entre les pannes dues à des problèmes techniques ou humains et celles qui trouvent leur origine dans les conditions météorologiques, comme cela est illustré ci-après.

**Tableau 15 : Typologie des pannes des systèmes.**

Production électrique		Transmission/Distribution	
Origine technique	Origine météorologique	Origine technique	Origine météorologique
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dysfonctionnement du système</li> <li>• Obsolescence</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retard dans le transport des carburants en raison des tempêtes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vandalisme</li> <li>• Mauvaise utilisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lignes abattues suite à des vents violents, au gel, à la pluie et/ou aux glissements de terrain</li> </ul>

La ventilation des informations selon cette procédure permettrait aux décideurs de mieux identifier les réponses appropriées. Les problèmes techniques peuvent être traités en développant les capacités humaines et physiques. Les problèmes dus à la situation météorologique peuvent être atténués par des mesures d'adaptation pertinentes.

### VT3 : Offre d'énergie nécessitant un transport régional

La quantité d'énergie nécessitant un transport et les distances couvertes sont mesurées ici. L'indicateur d'origine demandait le pourcentage des combustibles fossiles et issus de la biomasse par rapport à l'ensemble des combustibles transportés sur plus de 50 km. Toutefois, compte tenu de la difficulté à trouver les données, la plupart des analystes ont mentionné ce pourcentage pour chaque catégorie de combustibles.

**Tableau 16 : Indicateur VT3.**

Pays	Pourcentage de combustibles fossiles transportés sur plus de 50 km	Pourcentage de biomasse transportée sur plus de 50 km
Bénin	Données ventilées non disponibles	Données ventilées non disponibles
Burkina Faso	68,05	< 1,0 <sup>60</sup>
Cameroun	100	90
Kenya	> 90 La majorité du carburant est transportée via le pipeline du Kenya de Mombasa, qui est situé sur la côte kényane.	Pas de donnée disponible L'ensemble du charbon utilisé dans les centres urbains est transporté localement. Les chiffres concernant les volumes effectifs de biomasse ne sont pas disponibles.
Mali	100	86 % pour Bamako 70 % pour Ségou
Nigeria	75	50
Ouganda	100	80

.....  
60 Ce chiffre ne comprend pas le bois de chauffage.



Pays	Pourcentage de combustibles fossiles transportés sur plus de 50 km	Pourcentage de biomasse transportée sur plus de 50 km
République démocratique du Congo	—	—
Sénégal	90,8	Pas de donnée disponible
Tanzanie	3,5 (Diesel) 100 (Gaz naturel) <sup>61</sup>	—

❏ *Évaluation flash*

Le niveau élevé de dépendance des dix pays vis-à-vis des infrastructures routières, ferroviaires ou des pipelines constituent une réelle vulnérabilité. Les infrastructures de transport sont médiocres dans l'ensemble des dix pays. Des routes et des ponts mal entretenus sont vulnérables aux glissements de terrain et aux inondations. La saturation en eau des sols et les glissements de terrain sont aussi susceptibles de fissurer et de briser les pipelines. Le rail peut être considéré comme étant quelque peu plus robuste, mais sa résilience dépend du terrain ou des infrastructures, comme les ponts, sur lesquels il repose.

Même si les données sur le transport de la biomasse sont limitées, tous les analystes ont indiqué un usage important de biomasse dans les centres urbains, dont la majorité provient des zones rurales. Compte tenu de la croissance de l'urbanisation, on peut s'attendre à ce que ce taux augmente, ce qui repousserait encore plus loin l'accès à des ressources de biomasse de proximité. La demande fortement concentrée des entreprises pour la biomasse éloigne également les ressources des zones rurales et diminue, par là même, leur disponibilité locale. L'utilisation de poêles à bois à rendement énergétique amélioré ainsi que l'exploitation de carburants de cuisson alternatifs constitueraient des mesures positives pour diminuer ces sollicitations excessives exercées sur la biomasse.

**Indicateurs de capacités d'adaptation mesurant les interventions ayant permis d'accroître la résilience**

Le niveau de résilience d'un système s'appuie sur ses capacités d'adaptation. Dans le contexte des pays en développement, ces capacités ont besoin d'un soutien externe, par exemple sous la forme des mécanismes financiers existant dans le cadre du régime des politiques internationales sur le changement climatique. En vue d'éviter de dépenser des fonds, déjà peu nombreux, de façon inefficace, un ensemble de critères ont été développés pour mesurer l'efficacité des efforts d'adaptation. Les indicateurs mentionnés ont été appliqués à chacun des dix pays.

Les résultats sont synthétisés dans les pages suivantes.

.....  
<sup>61</sup> Le gaz naturel représente 25,1 % de l'offre d'énergie.

**Indicateurs de capacités d'adaptation : Les capacités d'adaptation de chacun des systèmes énergétiques sont calculées en fonction des indicateurs pertinents mentionnés ci-dessous.**

**Mise en œuvre**

- A11 : Formation intérieure brute de capital fixe (en millions de dollars par an) — Variable de remplacement : Épargne domestique (en millions de dollars par an)
- A12 : Investissements domestiques dans les énergies renouvelables (en millions de dollars par an)
- A13 : Nombre d'ingénieurs techniques diplômés chaque année en pourcentage de la population totale
- A14 : Disponibilité d'une carte des risques pour les inondations et les sécheresses
- A15 : Existence et application de directives prenant en compte le changement climatique concernant l'implantation et la construction des centrales électriques (en l'absence d'informations disponibles, discuter qualitativement la façon dont le changement climatique pourrait être intégré à des directives concernant l'emplacement et la construction de centrales)
- A16 : Existence de plans d'urgence en réaction à des événements météorologiques extrêmes et disponibilité d'équipes de réparations d'urgences locales
- A16b : Si possible, commenter le niveau de mise en œuvre
- A17 : Disponibilité au niveau national de mécanismes d'assurance
- A18 : Existence de groupes d'utilisateurs citoyens dans les structures de gouvernance du secteur de l'énergie (mise en application d'un processus de décision participatif)

**Charbon, pétrole, gaz, uranium**

- ACPG1 : Existence et exploitation de cartes d'implantation pour les mines et les centrales électriques prenant en compte les régions dans lesquelles des tempêtes, des inondations et des sécheresses sont attendues
- ACPG2 : Mise en place d'une réglementation nationale concernant l'implantation de centrales électriques thermiques sur des sites disposant de suffisamment d'eau de refroidissement pour les 50 prochaines années.

**Hydroélectricité**

- AH1 : Existence d'un plan national pour une exploitation optimisée des centrales hydroélectriques dans le contexte des prévisions de débit fluvial pertinentes pour ces systèmes
- AH1b : Un tel plan est-il actuellement en place ?
- AH1c : Si ce n'est pas le cas, le gouvernement a-t-il fixé une date pour se doter d'un tel plan ?
- AH2 : Nombre de barrages équipés de vannes de désengorgement et/ou de plans relatifs à la gestion de l'utilisation des terres amont et du bassin versant pour chaque installation hydroélectrique

**Biomasse**

- AB1 : Budget, en millions de dollars par an, de recherche, de développement et de diffusion concernant les cultures résistantes à la chaleur et à la sécheresse, les biocarburants, l'utilisation énergétique des déchets agricoles\* et la vulnérabilité de la forêt
  - \* Ne pas inclure les déchets municipaux, qui sont en général pris en compte dans les plans d'atténuation
- AB1b : Si possible, commenter la stabilité du financement
- AB2 : Utilisation nationale de combustibles issus de la biomasse en dehors d'une utilisation traditionnelle par les entreprises privées et les coopératives (en pourcentage des combustibles totaux)
- AB3 : Pourcentage de ménages utilisant des foyers à charbon de bois améliorés par rapport au total des ménages utilisant des foyers à charbon de bois

**Vent**

- AV1 : Existence et application d'une réglementation nationale exigeant que les centrales éoliennes soient à l'épreuve des tempêtes en vue de supporter les vitesses du vent prévues les plus élevées
- AV2 : Existence de cartes d'implantation détaillant les changements prévus pour la vitesse du vent, pour les périmètres d'inondation, et pour les zones touchées par l'élévation du niveau de la mer

**Solaire**

- AS1 : Existence d'une carte d'implantation détaillant les changements prévus de la couverture nuageuse
- AS2 : Existence et application d'une réglementation nationale exigeant que les concentrateurs solaires (CS) soient à l'épreuve des vitesses maximales du vent prévues

**AI1 : Formation intérieure brute de capital fixe****AI2 : Investissements annuels dans les énergies renouvelables**

La formation intérieure brute de capital fixe mesure l'investissement total dans un pays et couvre les investissements en capital fixe d'une économie et les variations nettes de stocks hors ajustement pour la consommation. Malheureusement, il s'est avéré difficile d'obtenir les données concernant la formation intérieure brute de capital fixe ; on a donc utilisé comme indicateur de remplacement la formation brute de capital fixe<sup>62</sup>. Le graphique d'accompagnement illustre la formation brute de capital fixe (en millions de dollars par millier de personnes).

L'investissement national dans les énergies renouvelables a également été mesuré.

**Tableau 17 : Indicateurs AI1 (variable de remplacement) et AI2.**

Pays	Formation brute de capital fixe (millions de dollars par an)*	Investissement annuel dans les énergies renouvelables (millions de dollars par an)
Bénin	552	—
Burkina Faso	895	4,6 <sup>63</sup>
Cameroun	2 780	—
Kenya	2 626	12,6
Mali	930	6,62
Nigeria	—	—
Ouganda	1 722	—
République démocratique du Congo	137	1,19
Sénégal	1 378	—
Tanzanie	2 493	—

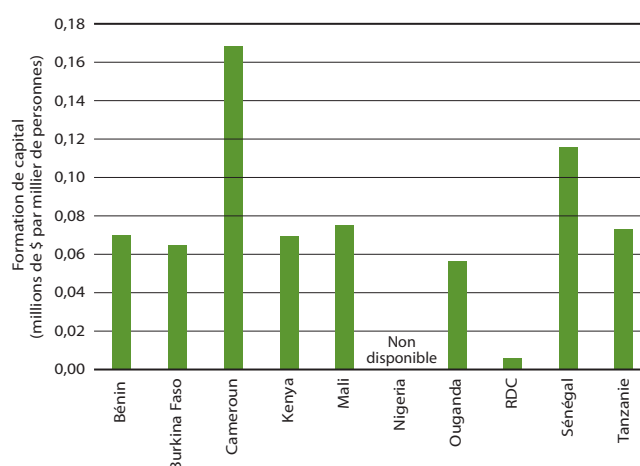
\* Formation brute de capital fixe pour l'année disponible la plus récente publiée par Nation Master en millions de dollars<sup>64</sup>. Ces données constituent une variable de remplacement pour l'indicateur AI1 (voir note 62).

62 Pour éviter les incohérences possibles dans la rédaction de ce rapport, les données concernant la formation de capital mentionné dans les tableaux et dans les schémas ont été récupérées d'une source externe plutôt que des rapports nationaux. Les données exprimées en dollars ont été obtenues auprès de Nation Master ([www.nationmaster.com](http://www.nationmaster.com)) et se rapportent à la dernière année disponible (en général 2004 ou 2005).

63 Chiffre estimé sur la base d'un calendrier de 15 ans dans le cadre du projet MEPRED de l'UE (2010-2025). Le montant total du projet est de 34,640 milliards de FCFA, soit environ 69 millions de dollars, et représente 33 % des dépenses de pré-électrification et 17,8 % de tout l'investissement futur.

64 [http://www.nationmaster.com/graph/eco\\_gro\\_cap\\_for\\_con\\_2000\\_us-capital-formation-constant-2000-us](http://www.nationmaster.com/graph/eco_gro_cap_for_con_2000_us-capital-formation-constant-2000-us). La source des données publiées par Nation Master est la base de données des indicateurs du développement mondial maintenue par la Banque mondiale.

**Figure 8 : Formation brute de capital fixe ramenée à la population.**



### ❏ Évaluation flash

En laissant de côté le cas du Nigeria pour lequel aucune donnée supplémentaire n'était disponible, on peut dégager deux situations extrêmes : la formation brute de capital fixe du Cameroun est deux fois plus élevée que celle de la plupart des autres pays, alors que celle de la République démocratique du Congo est des plus réduites. Parmi les autres pays, l'investissement par habitant varie selon un facteur approximatif de 2.

L'investissement annuel en énergies renouvelables est plus difficile à dépister. Il n'est disponible que pour la moitié des pays et présente une plus grande variabilité. Le niveau pratiquement nul, un million de dollars par an, de l'investissement en énergies renouvelables de la République démocratique du Congo illustre le manque total de capacités dont dispose ce pays pour développer et diversifier ses options énergétiques.

Les évaluations qualitatives proposées par les autres analystes convergent pour souligner des niveaux d'investissement également faibles dans leurs pays respectifs. Les investissements dans des petites centrales hydroélectriques<sup>65</sup> et géothermiques (particulièrement pour le Kenya, la Tanzanie et l'Ouganda) constituent des développements énergétiques renouvelables logiques et facilement mobilisables. Le maintien de ces systèmes aussi décentralisés que possible favoriserait l'atténuation des vulnérabilités identifiées par les indicateurs VT1 et VT2.

#### **A13 : Nombre d'ingénieurs diplômés annuellement**

Des capacités d'adaptation peuvent être techniques ou comportementales. On mesure ici les capacités institutionnelles du secteur énergétique. On utilise le nombre d'ingénieurs diplômés annuellement pour évaluer le niveau des capacités d'adaptation comportementale.

.....  
<sup>65</sup> Voir note 50 concernant les impacts négatifs des centrales hydroélectriques importantes.

**Tableau 18 : Indicateur AI3.**

Pays	Nombre d'ingénieurs diplômés annuellement	En pourcentage de la population totale
Bénin	Pas de donnée disponible	—
Burkina Faso	1 420	0,01 (population : 14 017 262)
Cameroun	300	0,002 (population : 12 300 000)
Kenya	700	0,0018 (population : 37 953 840)
Mali	Environ 30 à 40	0,0003 (population : 12 300 000)
Nigeria	2 500	0,0018 (population : 141 356 000)
Ouganda	Pas de donnée disponible	—
République démocratique du Congo	550	0,0009 (population : 60 000 000)
Sénégal	342	0,003 (population : 11 894 343)
Tanzanie	500	0,0014 (population : 34 443 603)

### ❏ Évaluation flash

Dans l'ensemble des pays ayant fait l'objet de cette enquête, les capacités techniques en termes de nombre d'ingénieurs sont extrêmement limitées. Le Burkina Faso, avec 0,01 %, dispose du pourcentage le plus élevé ; le Nigeria et le Kenya suivent avec pratiquement 0,002 %. À ces chiffres désespérément bas, s'ajoute le fait qu'on ne sait pas clairement si ces ingénieurs, une fois diplômés, restent dans leur pays et sont en mesure d'y trouver du travail.

Compte tenu d'une pression toujours plus importante en faveur d'une électrification croissante, de l'obsolescence des infrastructures et de l'accroissement attendu de l'ampleur des impacts du changement climatique, ces dix pays se verront sévèrement limités dans leur aptitude à maintenir les infrastructures existantes, sans même mentionner les réactions face aux situations d'urgence. L'amélioration des capacités nationales techniques et d'ingénierie grâce à des programmes incitatifs éducatifs et financiers constitue l'un des moyens de développer ces moyens.

<b>AI4 : Cartes des risques relatives aux inondations et aux sécheresses</b>	<b>AI5 : Directives d'implantation et de construction</b>
<b>AI6 : Plans d'intervention d'urgence en cas d'événements météorologiques</b>	<b>AI7 : Disponibilité locale de mécanismes d'assurance</b>
<b>AI8 : Groupes citoyens d'utilisateurs</b>	<b>ACPG1 : Cartes d'implantation pour les mines et les centrales électriques utilisables en cas d'événements météorologiques</b>
<b>ACPG2 : Directives nationales pour l'implantation des centrales thermiques avec une disponibilité suffisante d'eau de refroidissement</b>	<b>AH1 : Plans nationaux d'optimisation de l'exploitation des centrales hydroélectriques</b>
<b>AH2 : Présence de vannes de désengorgement</b>	<b>AV1 : Installations éoliennes à l'épreuve des tempêtes</b>
<b>AV2 : Cartes d'implantation – installations éoliennes</b>	<b>AS1 : Cartes d'implantation – couverture nuageuse</b>
<b>AS2 : Réglementation nationale exigeant des concentrateurs solaires qui soient à l'épreuve des tempêtes</b>	

Le tableau ci-après fournit une synthèse, présentée par source d'énergie, des indicateurs non quantitatifs de l'adaptation des systèmes énergétiques. Comme cela est indiqué dans la légende du tableau, une coche signifie : « oui/présent » et une croix signifie : « non/absent ». Autrement, le tableau mentionne la non-disponibilité des données, l'existence d'un projet en cours ou la non-applicabilité de l'indicateur (par exemple des cartes d'implantation de turbines éoliennes en l'absence de telles installations existantes ou planifiées).

### ◆ Précision importante

Les informations présentées constituent un « arrêt sur image » de la situation actuelle du pays. En raison des données manquantes, les analystes ont dû compléter les données avec des appréciations qualitatives. C'est pourquoi, compte tenu du fait que certaines informations sont, dans une certaine mesure, subjectives, il n'a pas été possible de créer une expression homogène de « degré » ou de « qualité ». Globalement, ce tableau offre l'interprétation la plus positive. Par exemple, si seuls certains barrages multifonctionnels disposent de vannes de désengorgement, le tableau indiquera une coche verte pour ce critère. Dans la plupart des cas, le rapport national fournit des détails supplémentaires.<sup>66</sup>

**Tableau 19 : Les indicateurs non-chiffrés de l'adaptation des systèmes énergétiques.**

Key: ✓ = Oui    ✗ = Non    ○ = Non applicable    ? = Inconnu    ... = En cours

Indicateurs d'adaptation	Bénin	Burkina Faso	Cameroun	Kenya	Mali	Nigeria	Ouganda	RDC	Sénégal	Tanzanie
<b>Mise en œuvre</b>										
Cartes des risques relatives aux inondations et aux sécheresses (indicateur AI4)	✗	?	✓	...	✓	?	✓	✓	✓	✗
Directives d'implantation et de construction mises en application (indicateur AI5)	✗	✗	✗	✗	✗**	?	✗	✗	✓	✗
Plans d'intervention d'urgence en cas d'événements météorologiques (indicateur AI6)	✗	?	✗	✗	✓	✓	✗	...	✓	✓
Disponibilité de mécanismes d'assurance locaux (indicateur AI7)	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✓
Groupes citoyens d'usagers (indicateur AI8)	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗
<b>Planification et réglementation</b>										
Combustibles fossiles : cartes d'implantation pour les mines et les centrales électriques utilisables en cas d'événements météorologiques (indicateur ACPG1)	✗	✓	✗	✗	✓	?	○	✓	✓	✗
Combustibles fossiles : mise en œuvre de directives nationales pour l'implantation des centrales thermiques avec une disponibilité suffisante d'eau de refroidissement (indicateur ACPG2)	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗

.....

<sup>66</sup> Voir [www.helio-international.org](http://www.helio-international.org) pour les rapports nationaux individuels.



Indicateurs d'adaptation	Bénin	Burkina Faso	Cameroun	Kenya	Mali	Nigeria	Ouganda	RDC	Sénégal	Tanzanie
Hydroélectricité : Plan national d'optimisation pour l'hydroélectricité (indicateur AH1)	✓	✓	✓	✗	✓	?	?	✗	✓	✓
Hydroélectricité : vannes de désengorgement * (indicateur AH2)	○	○	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Vent : installations éoliennes à l'épreuve des tempêtes (indicateur AV1)	✗	○	✗	✗	✓	○	○	...	✗	✗
Vent : cartes d'implantation prenant en compte le vent (indicateur AV2)	✗	○	✗	✗	✓	○	○	✗	✗	✗
Solaire : cartes d'implantation prenant en compte la couverture nuageuse (indicateur AS1)	✗	?	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Solaire : réglementations nationales sur les centrales solaires à l'épreuve des tempêtes (indicateur AS2)	✗	?	✗	✗	...	○	○	✗	✗	✗

\* Une ✓ ne signifie pas nécessairement que l'ensemble des barrages est équipé de vannes de désengorgement.

\*\* Les réglementations existent et sont mises en application, toutefois il n'est pas clair si elles prennent en considération des impacts du changement climatique.

### ❏ Évaluation flash

Selon le tableau précédent, le Mali semble répondre à de nombreux critères d'adaptation nécessaires à l'accroissement de la résilience de son système énergétique ; il en va de même pour le Sénégal et, à un moindre degré, pour le Nigeria, la Tanzanie et l'Ouganda. Pour les autres pays — le Bénin, le Burkina Faso, le Cameroun, la République démocratique du Congo et le Kenya — de nombreux éléments d'adaptation recommandés qui leur permettraient d'accroître la résilience de leurs systèmes énergétiques sont absents.

Le développement et la disponibilité de cartes des risques pour les inondations, l'existence de plans d'optimisation pour les installations hydroélectriques ainsi que la présence de vannes de désengorgement constituent des éléments encourageants, à l'image de la présence croissante des groupes de citoyens et ONG. Cependant, l'absence de directives d'implantation concernant les centrales électriques prenant en compte les variations des événements météorologiques est préoccupante. Elle illustre en effet une déconnexion entre les évolutions des schémas climatiques observées et l'exploitation des centrales (quantités d'électricité produites).

L'absence de toute mesure de planification concernant les applications éoliennes et solaires, sous la forme de cartes d'implantation et de réglementations de conception, est le signe d'un potentiel de diversification énergétique non-exploité.

<b>AB1 : Recherche et développement sur la biomasse concernant des cultures résistantes à la chaleur et à la sécheresse, des carburants verts alternatifs, etc.</b>	<b>AB2 : Utilisation dans le pays de combustibles issus de la biomasse exploitée de façon non traditionnelle</b>
<b>AB3 : Pourcentage des ménages utilisant des poêles à bois à rendement énergétique amélioré</b>	

Les formes de biomasse utilisées comme source de carburant et le niveau de rendement de cette exploitation sont mesurés ici. Les mesures comprennent les niveaux de financements dédiés à la recherche, la diversification des combustibles issus de la biomasse, et l'utilisation de cuisinières à rendement énergétique amélioré.

**Tableau 20 : Indicateurs AB1, AB2, AB3.**

<b>Pays</b>	<b>Recherche et développement sur la biomasse</b>	<b>Utilisation dans le pays de combustibles non traditionnels issus de la biomasse</b>	<b>Pourcentage des ménages utilisant des cuisinières à rendement énergétique amélioré</b>
Bénin	—	Trois installations agroalimentaires utilisent la transformation des déchets. Dans le secteur public, la récupération d'énergie à partir des déchets agricoles est en phase pilote.	—
Burkina Faso	—	—	—
Cameroun	Il n'existe pas de recherche spécifique dans ce domaine. L'ensemble des recherches est mené dans des laboratoires de formation avec des financements occasionnels. Le Laboratoire Énergie, Eau et Environnement de l'ENSP a reçu environ 80 000 \$ entre 2006 et 2007.	Les ménages récupèrent des copeaux de bois et des chutes de coupe auprès des installations de transformation du bois en périphérie des villes à des fins de cuisson. Aucune statistique sur les quantités utilisées n'est disponible.	—
Kenya	—	—	70 % en zones urbaines
Mali	Des programmes de recherche sur les variétés de la biomasse adaptées aux conditions sahéliennes sont en cours au niveau national et au niveau subrégional.	Les combustibles alternatifs issus de la biomasse fournis par des entreprises privées consistent essentiellement en briquettes fabriquées à partir de tiges de coton, de typha ou de poussière de charbon de bois. Les quantités produites sont tout à fait marginales.	Environ 50 % ; les taux de pénétration sont plus élevés en zone urbaine.
Nigeria	—	—	—

Pays	Recherche et développement sur la biomasse	Utilisation dans le pays de combustibles non traditionnels issus de la biomasse	Pourcentage des ménages utilisant des cuisinières à rendement énergétique amélioré
Ouganda	—	La production du sucre est la seule activité utilisant, dans une certaine mesure, des résidus agricoles pour la production d'énergie. De petites quantités d'enveloppes de café et de riz sont également utilisées pour la production de chaleur dans des cimenteries et des usines de tuiles. Les tonnages annuels d'enveloppes de café et de riz sont respectivement de 60 000 t et 10 350 t.	8,7 %
République démocratique du Congo	Des recherches sont en cours, mais elles sont loin d'être des recherches de pointe.	Aucune	L'utilisation de cuisinières à rendement énergétique amélioré n'est pas très répandue dans les ménages congolais.
Sénégal	L'Institut Sénégalais de Recherche Agricole (ISRA) a en charge la recherche sur les variétés de cultures. Il dispose d'un budget de 14 millions de dollars.	Le Sénégal ne dispose à ce jour d'aucune usine exploitant la biomasse. Une centrale de 20 MW est en cours de construction pour la gazéification du typha, une plante aquatique qui prolifère sur le fleuve Sénégal.	27 % des ménages utilisent des poêles à rendement énergétique amélioré. Le gouvernement du Sénégal supervisait la diffusion de 19 000 de ces poêles.
Tanzanie	Les chiffres ne sont pas disponibles, mais le gouvernement, par le canal du Ministère de l'Énergie et des Minéraux et d'autres parties prenantes, a conduit une enquête de référence visant à déterminer la situation actuelle en termes d'activités énergétiques liées à la biomasse, ainsi qu'à définir des règles sur la façon dont les activités liées aux biocarburants devront être menées.	—	—

### ❏ *Évaluation flash*

À l'exception du Sénégal, il n'existe aucun programme significatif de recherche et de développement sur des cultures de biomasse résistantes à la sécheresse et à la chaleur. Ce faible niveau d'investissement n'est pas de très bon augure pour un continent qui affiche une dépendance massive vis-à-vis de la biomasse comme source d'énergie. Il est indispensable de développer la recherche dans ce secteur.

L'exploitation de combustibles non traditionnels issus de la biomasse par les entreprises est encore limitée, en dépit d'une certaine pénétration, constatée au Bénin et en Ouganda, dans les installations agroalimentaires. L'usine pilote de gazéification de la biomasse au Sénégal pourrait stimuler l'exploitation alternative de la biomasse dans cette région.

On constate aussi une utilisation de poêles à bois à rendement énergétique amélioré très inégale. Dans ce secteur, le Kenya et le Mali affichent un bon taux de pénétration, suivis par le Sénégal et l'Ouganda, pour une utilisation combinée s'établissant juste au-dessus de 35 %. L'absence d'utilisation de ce type de poêles en République démocratique du Congo offre une bonne opportunité de développement de ce secteur. L'absence d'informations sur le taux d'utilisation au Bénin, au Burkina Faso, au Cameroun, au Nigeria et en Tanzanie rend l'évaluation des progrès de ces pays impossible.

Energie solaire, Isla Contoy, Mexique – *iStockphoto: zhuzhu*



## Recommandations

Dans ce rapport, nous avons mis en exergue la nécessité d'analyser les systèmes énergétiques dans un contexte de changement climatique et souligné les moyens pour y parvenir. Dans ce cadre, nous avons proposé deux ensembles d'indicateurs, collectivement appelés indicateurs de Vulnérabilité-Adaptation-Résilience (VAR), susceptibles de servir de critères de référence. La logique de ces deux ensembles d'indicateurs est la suivante : si l'on souhaite que les pays soient en mesure de s'adapter aux impacts du changement climatique prévu, leur système énergétique doit être évalué, non seulement du point de vue de son efficacité, mais également eu égard à ses capacités d'adaptation. De plus, les actions d'adaptation planifiées devront être conçues pour s'insérer dans un cadre plus général d'écodéveloppement si l'on ambitionne qu'elles favorisent l'atteinte d'objectifs de développement au sens large comme les ODM.

Dix pays d'Afrique subsaharienne (ASS) ont été identifiés pour tester les indicateurs VAR. Le choix s'est porté sur cette région en raison de son importante vulnérabilité au changement climatique et de son niveau élevé de pauvreté en termes de biens énergétiques. L'intensification des activités de développement énergétique dans la région et l'urgente nécessité, pour ces projets, de favoriser un accès amélioré à des sources énergétiques propres et efficaces ont également constitué un facteur clé de cette sélection de pays. Seules la mesure et l'évaluation des systèmes énergétiques, existants et envisagés, dans le cadre du scénario d'un changement climatique, nous permettront d'espérer pouvoir apporter les services énergétiques dont les populations de la région ont tellement besoin.

Même si la première application des indicateurs VAR est loin d'être parfaite, le processus a permis de produire un certain nombre d'informations capitales. Ce chapitre présente les résultats de ce processus d'évaluation et les recommandations spécifiques ci-dessous :

### 1. Évaluation et suivi systématiques des systèmes énergétiques en vue de garantir qu'ils sont suffisamment robustes et évolutifs pour s'adapter aux incidences climatiques attendues.

Les décideurs et les bailleurs de fonds concernés devront faire porter leurs efforts avec constance sur la façon de déterminer la pérennité des systèmes énergétiques actuels et futurs par rapport aux évolutions climatiques. Dans la plupart des pays, les informations de base manquent toujours, entravant ainsi les possibilités d'une évaluation pertinente et décourageant, par là même, les investissements. Pour pouvoir être en mesure d'exploiter efficacement des outils de planification, d'évaluation et de prise de décision, les pays de l'ASS doivent tout d'abord :

- Améliorer, standardiser et systématiser le recueil de données pertinentes au changement climatique et aux activités d'adaptation et d'atténuation prévues ;
- Créer des cartes indiquant le potentiel en énergies renouvelables, ainsi que les régions vulnérables aux impacts induits par le climat ;
- Concevoir des méthodologies et des protocoles de suivi simples. Les indicateurs VAR<sup>67</sup> permettent une approche méthodologiquement solide susceptible d'être utilisée à ces fins.

### 2. Introduction de nouveaux critères d'évaluation des systèmes énergétiques.

Les décisions concernant les systèmes énergétiques — en termes de types de systèmes (énergies fossiles, énergies renouvelables) et en termes de situation géographique — ne peuvent plus être prises en s'appuyant exclusivement sur les outils habituels d'évaluation environnementale et économique ; il est impératif d'y adjoindre une évaluation des problématiques liées au climat et à la pauvreté. Ce type d'évaluation doit impérativement s'appuyer sur :

- L'Agenda 21 national et local, comme l'exigent les engagements de Rio ;

.....  
<sup>67</sup> Les indicateurs sont détaillés dans le corps de ce rapport. Un ensemble complet d'indicateurs peut également être consulté à l'adresse : [www.helio-international.org](http://www.helio-international.org).

- La nécessité d'atteindre les Objectifs de développement du millénaire dès que possible ;
- Les autres accords environnementaux multilatéraux ;
- Un cadre socialement équitable.

### **3. Élaboration d'une stratégie de moyen à long terme en vue d'assurer un système d'offre énergétique plus sûr, décentralisé et à faibles émissions de carbone.**

La capacité à gérer des services énergétiques et à garantir l'accès à une énergie propre, efficace et renouvelable constitue la première étape de la construction d'une collectivité résiliente et florissante. En fonction des vulnérabilités évaluées, toute stratégie devra :

- Coupler la diversification du système énergétique avec une décentralisation des activités, en vue d'accroître la résilience au changement climatique tout en diminuant les pressions environnementales ;
- Garantir que les besoins locaux sont inclus dans les politiques et les processus de planification énergétiques (les besoins énergétiques diffèrent en fonction des régions) ;
- Moderniser les infrastructures électriques et améliorer les moyens d'entretien, afin de garantir la sécurité de l'offre d'électricité et de réduire le gaspillage (les services publics des pays industrialisés ont ici un rôle capital à jouer, en offrant leurs services techniques et leur savoir-faire plutôt que du matériel) ;
- Inclure la diffusion et l'utilisation concertées de cuisinières à rendement énergétique amélioré, afin de réduire les émissions, de protéger les ressources en biomasse et d'améliorer la santé respiratoire des populations.

### **4. Utilisation de la gestion de la demande énergétique comme une mesure d'adaptation.**

L'amplitude des effets induits par le climat n'est pas proportionnelle, pour un pays donné, au niveau de ses émissions. L'amélioration de l'efficacité énergétique devrait constituer la pierre angulaire de toute politique énergétique, indépendamment des niveaux de consommation d'énergie du pays concerné. L'évolution d'un modèle habituel d'activité à un modèle où le rendement énergétique constitue un objectif réduit, par la même occasion, la nécessité de faire appel à de nouvelles ressources en énergie. Une utilisation plus efficace de l'énergie grâce au déploiement de technologies à haut rendement énergétique diminuera aussi le niveau de vulnérabilité du secteur. L'approche devra :

- Améliorer autant que faire se peut l'efficacité énergétique de l'économie ;
- Maximiser l'exploitation des énergies renouvelables ;
- Mettre en place un équilibre offre/demande plus viable en appliquant un processus rationnel pour faire correspondre de façon précise les besoins énergétiques (éclairage, chauffage, refroidissement, transport et mécanique) avec la qualité des ressources énergétiques disponibles, comme préalable à la définition des besoins d'importations énergétiques ; et
- Utiliser les Actions nationales appropriées d'atténuation des émissions (NAMA) comme déterminant de l'agenda politique. (Les NAMA, de plus en plus présentes au sein des négociations climatiques, englobent l'ensemble des secteurs et les différents aspects de la production et de l'utilisation de l'énergie. Elles doivent évaluer les besoins énergétiques réels en prenant en compte la demande qui avait été supprimée faute de moyens, et définir des mécanismes propres et efficaces d'économie d'énergie.)

### **5. Développement des capacités locales à évaluer et à répondre aux besoins énergétiques dans une perspective climatique.**

La sécurité énergétique d'un pays ne peut pas être garantie tant que les questions plus larges liées à la façon dont le changement climatique affecte la fourniture, la production et



la distribution d'énergie ne peuvent être traitées. Il est donc indispensable de développer davantage l'expertise locale et de la soutenir au moyen d'efforts de formation continus devant comprendre :

- La conception de programmes de recherche et de développement sur l'énergie s'appuyant sur les besoins locaux en ressources énergétiques ;
- Le renforcement des capacités nationales techniques et d'ingénierie au moyen d'incitations éducatives et financières ;
- L'inclusion des problématiques climatiques et écosystémiques dans les programmes universitaires d'ingénierie ;
- La formation des entreprises locales aux techniques énergétiques modernes par des experts familiers avec les technologies développées au niveau international.

#### **6. Investissement dans les services écosystémiques qui soutiennent la production énergétique existante et planifiée.**

Les actifs écosystémiques tels que l'eau et la biomasse constituent le fondement des services énergétiques. La disparition rapide de ces ressources réduit les capacités de production des centrales hydroélectriques et thermiques, fragilise l'exploitation minière, et prive des millions de foyers de leur principale source d'énergie. Des efforts doivent être entrepris pour :

- Mettre en place des lieux de gestion intégrée des bassins versants pour protéger et étendre les zones d'alimentation en eau ;
- Développer et mettre en œuvre des approches communautaires de gestion forestière ;
- Accroître le financement de la recherche sur les sources énergétiques alternatives issues de la biomasse.

#### **7. Mise en place de procédures de transfert technologique et de financement transparentes.**

La quasi-totalité des pays concernés par cette enquête sont de plus en plus dépendants d'importations de pétrole. Simultanément, la crise financière a vu la suppression de nombreuses aides accordées à plusieurs pays de l'ASS, ce qui a encore retardé leur progression vers la plupart des ODM. En vue de renforcer la capacité de ces pays à faire face, la résilience doit être intégrée au sein du secteur énergétique grâce au développement de systèmes énergétiques diversifiés faisant appel à des ressources nationales. Pour ce faire, il convient toutefois d'obtenir l'injection de capitaux vers des cibles stratégiques. Il importe également de surmonter le scepticisme concernant les transferts technologiques ; dans ce cadre, une régulation systématique, juste et transparente des processus de transfert constitue certainement l'un des moyens de créer la confiance. En vue de bâtir ces nouvelles relations :

- Les bénéficiaires devront prendre une part active aux processus d'évaluation des besoins pour s'assurer que les technologies choisies contribueront à l'amélioration des capacités de la société à faire face aux changements climatiques ;
- Seules les technologies les plus propres et dotées du rendement le plus élevé devront être proposées, sans hésiter à « sauter » des technologies intermédiaires, en choisissant par exemple des technologies à DEL, des téléphones solaires rechargeables, etc. ;
- Le système devra inclure un suivi et une mise en application stricts, incombant à une tierce partie indépendante, des réglementations concernant le transfert des technologies.

**8. Développement d'une gouvernance énergétique participative en vue d'obtenir des informations de première main concernant les besoins énergétiques réels et afin de mobiliser le soutien nécessaire de la part des bénéficiaires.**

De nombreux projets échouent en raison d'une mauvaise évaluation des futurs besoins énergétiques. On observe également fréquemment un déficit de soutien populaire, particulièrement lorsque le développement énergétique implique de déplacer des populations. La diversification des systèmes énergétiques constitue néanmoins un facteur clé si l'on souhaite atteindre un bon niveau de résilience du système énergétique national. La consultation et la participation des usagers finaux se révèlent alors cruciales pour s'assurer que le système envisagé répond aux besoins énergétiques ainsi qu'aux besoins plus généraux de la collectivité. La création d'une synergie civique est difficile et exige :

- D'apprendre à connaître les cultures locales pour être en mesure d'intégrer ensemble les besoins énergétiques, les contraintes environnementales et les impacts du changement climatique attendu ;
- D'investir dans le capital social en stimulant la participation des citoyens et en offrant différents canaux d'implication de groupes d'utilisateurs indépendants ;
- De développer le cadre juridique nécessaire à la réglementation et la facilitation de la participation des citoyens.

Arbre perdu dans le désert – iStockphoto: Mlenny



## Conclusion

La bonne nouvelle, c'est que la sensibilisation nécessaire à l'amélioration de la résilience au changement climatique se développe (Dalziel et al. 2009; Tyndall 2004). La mauvaise nouvelle, c'est que les politiques et les mesures qui en découlent ne contribuent pratiquement jamais à la robustesse des systèmes énergétiques, et que, lorsqu'elles le font, elles vont principalement renforcer la fiabilité de l'approvisionnement. Ce qui est une erreur. Comme Amory Lovins l'a souligné dans son livre *Brittle Power*, mettre l'accent exclusivement sur la fiabilité sape le concept même de résilience qui consiste à accepter l'inévitabilité des défaillances et à rechercher les meilleures stratégies pour limiter les dommages que ces défaillances peuvent causer.

Le niveau de résilience d'un système dépend de la robustesse de son emplacement. Il n'est donc pas suffisant de simplement évaluer l'impact d'une installation sur l'environnement ; il convient également de déterminer les répercussions de l'évolution de l'environnement sur l'installation (Paskal 2009). Par ailleurs, un secteur énergétique résilient constitue le fondement d'une meilleure résilience de la collectivité. L'énergie permet la fourniture de services essentiels comme l'alimentation, la santé et l'éducation. Grâce à son utilisation dans le commerce et les entreprises, elle favorise également la création d'emplois et l'amélioration du niveau de vie des populations. C'est pourquoi, pour évaluer correctement la meilleure façon d'accroître la résilience d'un système énergétique, il convient de l'étudier dans le contexte plus large de l'écodéveloppement.

L'écodéveloppement, tel que nous l'avons défini au début de ce rapport, prend en compte simultanément les cinq piliers du développement : environnemental, économique, technique, social et civique (gouvernance). Pour être considéré comme réellement résilient, un système énergétique devra donc aller au-delà du simple choix de technologies propres et efficaces pour la fourniture des services énergétiques requis ; il devra aussi permettre l'atteinte d'objectifs plus larges d'ordre humain, social et environnemental. C'est la raison pour laquelle les aspects suivants doivent également être évalués :

- L'aptitude du système énergétique à résister aux dommages et aux pertes de fonctionnalités (pilier technique) ;
- Les qualités organisationnelles, la planification, la formation, le leadership et les aptitudes à capitaliser les informations nécessaires à l'amélioration des performances dans un contexte d'urgence (pilier civique/organisationnel) ;
- Les capacités de l'entreprise qui gère le système à mettre en œuvre rapidement, après un sinistre, des mesures d'adaptation permettant de remédier à la situation, d'improviser, d'innover et de remplacer les ressources (pilier économique) ;
- Les moyens des décideurs pour anticiper les effets et les répercussions du système énergétique sur les écosystèmes et les services écosystémiques locaux (pilier environnemental) ;
- Les caractéristiques des populations et des collectivités touchées, susceptibles de rendre certains groupes sociaux plus vulnérables ou au contraire plus adaptables aux catastrophes liées au système énergétique (pilier social et culturel).

---

Un système d'approvisionnement énergétique résilient consiste en plusieurs éléments de taille relativement réduite représentant un faible coût en cas de défaillance. L'une des caractéristiques fondamentales expliquant la résilience des sources énergétiques réside dans le fait « qu'elles sont renouvelables, en ce sens qu'elles exploitent l'énergie du soleil, du vent ou des déchets forestiers ou agricoles plutôt que celle de combustibles qui s'épuisent rapidement ».

(Lovins *et al.* 1982)

Bien que l'ensemble des pays du globe soit menacé par le changement climatique, ce dernier offre aussi une réelle possibilité de progrès socio-économique et d'écodéveloppement. Des stratégies innovantes sont d'ores et déjà mises en œuvre dans l'ensemble de l'Afrique, par exemple, montrant que des améliorations tangibles sont possibles. Cette dynamique doit être canalisée et appliquée à des infrastructures énergétiques en plein essor, afin de leur conférer une meilleure résilience aux impacts du changement climatique et de favoriser l'atteinte d'objectifs plus larges construisant l'écodéveloppement.





1) Famille africaine dans un village près du désert du Kalahari – *iStockphoto: poco\_bw*; 2) Case électrifiée photovoltaïquement – *iStockphoto: YangYin* 3) Village du lagon de Calavi au Bénin – *iStockphoto: peeterv*; 4) Ligne électrique dans le désert – *iStockphoto: Mlenny*; 5) Coup de foudre – *iStockphoto: dasilva*; 6) Masai faisant jaillir le feu, Kenya – *Hélène Connor*

## Bibliographie

AIE (2009), *Key World Energy Statistics*.

Banque mondiale (2008a.), Nouvelles estimations de la pauvreté dans le monde en développement.

Banque mondiale (2008b.), Le petit livre vert.

Collier, P. (2007), *The Bottom Billion. Why the Poorest Countries are Failing and What Can be Done About It*. Londres : Oxford University Press.

Dalziell E.P. and McManus S.T. (2009), *Resilience, Vulnerability, and Adaptive Capacity : Implications for System Performance*, département d'ingénierie civile, université de Canterbury, Nouvelle-Zélande.

Davidson, O. (2009), *Energy in Africa – Prospects for Sustainability*. Présenté durant le sommet inaugural de Lagos sur le changement climatique du 24 au 26 mars 2009.

DTI (2006), *Department of Transportation and Industry*, gouvernement britannique, *Consultation on Resilience of Overhead Power Line Networks : An Energy Review Consultation*, décembre 2006. Note : le DTI est actuellement connu sous le nom de Department for Business Innovation and Skills (BIS). Le BIS a été créé en juin 2009.

Easterling, D.R. Evans, J.L. Groisman, P.Y. Karl, T.R. Kunkel, K.E. and Ambenje, P. (2000), *Observed variability and trends in extreme climate events*. Understanding Changes in Weather and Climate Extremes Series. American Meteorological Society.

EM (2005) *Évaluation des écosystèmes pour le millénaire*, Island Press.

Energy Commission of Nigeria (2005), *Renewable Energy Master Plan*. ECN : Abuja.

Energy Information Administration (2009), *U.S. Department of Energy, Nigeria Energy Profile*, [http://tonto.eia.doe.gov/country/country\\_energy\\_data.cfm?fips=NI](http://tonto.eia.doe.gov/country/country_energy_data.cfm?fips=NI)

FAO (2007), *Situation des forêts dans le monde*, Rome.

FMI (2009), Perspectives économiques régionales – Afrique subsaharienne : Enquêtes économiques et financières mondiales.

Frynas, J.G. (2000), *Oil in Nigeria*. Hambourg : LIT Verlag/Transaction Publishers.

GIEC (2007), *Summary for Policy Makers of the Synthesis Report of the IPCC Fourth Assessment Report*, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Secrétariat du GIEC.

Glantz, M. (2006), *Weather- and Climate-proofing : Dreaming the Impossible Dream, Fragile Ecologies*, [http://www.fragileecologies.com/jan20\\_06.html](http://www.fragileecologies.com/jan20_06.html).

HELIO International (2007), *Évaluation préliminaire de la résilience des systèmes énergétiques et des écosystèmes de dix pays africains*, HELIO International.

International Rivers, <http://www.internationalrivers.org/en/node/287>.

Karakezi, S. Kithyoma, W. Muzee, K. et Oruta, A. (2008), *Scaling Up Bioenergy in Africa*. Présenté durant la Conférence internationale sur les énergies renouvelables en Afrique, Dakar, 16 au 18 avril 2008.

Liaison Énergie-Francophonie 2008 (2008), Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie, N° 80, page 66.

Lovins, A. Lovins, L.H. (1982), *Brittle Power : Energy Strategy for National Security*, Brick House Publishers.

Michaelowa, M. Connor, H. et Williamson, L.E. (2009), Use of indicators to improve communication on energy systems vulnerability, resilience and adaptation to climate change, in Troccoli A (ed) *Management of Weather and Climate Risk in the Energy Industry*, NATO Science Series, Springer Academic Publisher, à venir.

Molua, E. L. (2006), Climatic trends in Cameroon : Implications for Agricultural Management, *Climate Research*, 30 :255-262.



Nigeria's Electricity Sector for the Sub-Committee of the Presidential Advisory Committee on 25 Years Electric Power Supply Plan, page 26.

OCDE, Statistiques : <http://stats.oecd.org/glossary/detail.asp ?ID=710>.

ODI (1999), Natural Resource Perspectives, N° 39, février 1999, Overseas Development Initiatives.

OIT (2006), Rapport annuel sur les tendances de l'emploi dans le monde – point presse, janvier 2006, Genève.

OIT et CEA (2006), *Employment-friendly macroeconomic policies for Afrique*, Genève. Une publication conjointe de la Division de l'emploi de l'OIT et de la Division des politiques sociales et économiques de la CEA.

OMS (2006), Rapport régional sur la santé en Afrique : la santé des populations.

OMS (2007), La pollution de l'air à l'intérieur des habitations : estimations sur le fardeau national des maladies.

Paskal, C. (2009), *Briefing Paper: The Vulnerability of Energy Infrastructure to Environmental Change*, Chatham House, avril 2009.

PNUD (2007), La lutte contre le changement climatique : un impératif de solidarité humaine dans un monde divisé, Rapport sur le développement humain 2007/2008.

PNUD, Changement climatique : base de données des profils par pays <http://country-profiles.geog.ox.ac.uk>

Secrétariat des Nations Unies, Division de la population du Département des affaires économiques et sociales (2009), Perspectives de la population mondiale, La Révision de 2008, Résumé.

Simonsson, L. (2003), *Vulnerability Profile of Burkina Faso*, Centre for Climate Science and Policy Research, Linköping University et SMHI, mis à jour en 2008 par HELIO International.

SIPC (2008), *Links between disaster risk reduction, development and climate change*, Secrétariat de la Stratégie internationale pour la prévention des catastrophes.

Stratus et CCNUCC (2005), *Compendium on Methods and Tools to Evaluate Impacts of, and Vulnerability and Adaptation to, Climate Change*, Stratus Consulting Inc./- Secrétariat du CCNUCC.

Tyndall (2004), *New Indicators of Vulnerability and Adaptive Capacity*, Tyndall Centre for Climate Change Research Technical Report.

UICN (2008), *Energy, Ecosystems and Livelihoods : Understanding linkages in the face of climate change impacts*, Union International pour la Conservation de la Nature.

USAID (2007), *Adapting to Climate Variability and Change : A Guidance Manual for Development Planning*, United States Agency for International Development.

Wildavsky, A. (1998), *Searching for Safety. Studies in Social Philosophy and Policy*, series, n° 10, Bowling Green State University.

## Annexe 1 : Glossaire<sup>68</sup>

### Adaptation

Pour les systèmes naturels ou les systèmes humains, l'adaptation consiste en un ajustement en réponse à des stimuli présents ou futurs, par exemple le changement climatique ou ses effets, afin d'en atténuer les impacts néfastes ou d'en exploiter des opportunités bénéfiques. Pour les systèmes naturels, l'adaptation est réactive. Pour les systèmes humains, elle peut être préventive ou réactive, et peut être mise en œuvre soit au niveau public, c'est-à-dire par les organismes gouvernementaux, soit au niveau privé, c'est-à-dire par les individus, les ménages, les collectivités, les entreprises et les ONG.

### Capacité d'adaptation

Capacité d'ajustement des personnes ou d'un système face aux changements environnementaux, par exemple au moyen de stratégies de gestion individuelles ou collectives visant à en réduire les risques ou à en atténuer les effets, ou au moyen de modifications des pratiques, des processus ou des structures nécessaires. Les capacités d'adaptation sont liées aux niveaux généraux du développement durable tels que la stabilité politique, le bien-être matériel et économique, ainsi que le capital social, humain et institutionnel.

### Résilience

La résilience désigne la quantité de changement que les personnes, les lieux et les écosystèmes exposés peuvent supporter sans que cela entraîne une modification permanente de leur état. Plus précisément, il s'agit de leur capacité à se *rétablir* après une agression, à *se prémunir* contre de futures agressions et perturbations, et à *s'adapter*.

### Sensibilité

Degré auquel les personnes, les lieux et les écosystèmes sont susceptibles d'être perturbés par une agression, tenant compte de leur capacité à l'anticiper et à y faire face. Les effets de la perturbation peuvent être directs ou indirects.

### Vulnérabilité

Niveau de probabilité pour qu'un système ou une unité (par exemple un groupe humain ou un lieu) subisse des effets néfastes suite à son exposition à un risque, à un danger, à un choc ou à une agression. Dans le contexte du concept de pauvreté, la vulnérabilité est plus dynamique, car elle rend compte de la perception qu'ont les gens d'entrer dans la pauvreté ou d'en sortir.

.....  
<sup>68</sup> Simonsson 2003.

## Annexe 2 : Informations sur les analystes nationaux

Pays	Nom	Email	Coordonnées
<b>Pays francophones</b>			
Coordinateurs régionaux	Pierre DEMBELE	pierre.dembele@malifolkecenter.org	Mali-Folkecenter Nyetaa Faladié SEMA, Rue 800, Porte 1295 Bamako, BP E4211 République du Mali Tél. : (+223) 20 20 06 17 Fax : (+223) 20 20 06 18 Mobile : (+223) 76 23 97 80
	Ibrahim TOGOLA	ibrahim.togola@malifolkecenter.org	Mali-Folkecenter Nyetaa Faladié SEMA, Rue 800, Porte 1295 Bamako, BP E4211 République du Mali Tél. : (+223) 20 20 06 17 Fax : (+223) 20 20 06 18
Bénin	Raoufou BADARAOU	badaraouf@yahoo.fr	Ministère des Mines, de l'énergie et de l'eau 04 BP : 1412 Cotonou Bénin Tél. : (+229) 21 37 73 84/85 / 21 33 05 14 Fax : (+229) 21 377 383 / 21 33 69 87 Mobile : (+229) 90 97 50 12 ou 97 69 78 85
	Herbert KOULETIO	eckbertfr@yahoo.fr	Direction générale de l'énergie 06 BP : 2049 Cotonou Bénin Tél. : (+229) 21 37 73 84/85 / 21 33 05 14 Fax : (+229) 21 377 383 / 21 33 69 87 Mobile : (+229) 90 97 50 12 ou 97 69 78 85
Burkina Faso	Joseph WETHE	joseph.wethe@2ie-edu.org jowethe@yahoo.fr	2iE Rue de la Science 01 BP 594 Ouagadougou 01 BURKINA FASO Tél. : (+226) 50 49 28 00 / 56 Fax : (+226) 50 49 28 01 Mobile : (+237) 70 10 06 568 Cameroun
Cameroun	Emmanuel NGNIKAM	emma_ngnikam@yahoo.fr	Environnement : Recherche – Action au Cameroun B.P. 3356 Yaoundé/Messa - Cameroun Tél./Fax : (+237) 22 31 56 67 Mobile : (+237) 99 84 62 77
	Élie TOLALE	tolale_elie@yahoo.fr	Environnement : Recherche – Action au Cameroun B.P. 3356 Yaoundé/Messa - Cameroun Tél./Fax : (+237) 22 31 56 67 Mobile : (+237) 99 89 17 48

Pays	Nom	Email	Coordonnées
<b>Pays francophones</b>			
Mali	Cheick Ahmed SANOGO	nosa_159@yahoo.fr sanogocheick@gmail.com	DNE-PREDAS BP 1872 im CRES Bamako - Mali Tél : (+223) 222 45 38 Fax : (+223) 223 73 96 Mobile : (+223) 698 99 40
République démocratique du Congo	Séraphin KASEMUANA	seraphinkas@yahoo.fr	Institut supérieur des techniques appliqués ISTA / Kinshasa-RDC av. Aéroport 65 Barumbu/Kinshasa BP :6593 Kinshasa 31 - RDC Tél : (+243) 815172526
Sénégal	Secou SARR	Secou@hotmail.com	ENDA – Énergie Résidence Phare Mamelles BP 3370 Dakar, Sénégal Tél. : (+221) 33 889 34 28
	Moussa DIOP	laxone1@gmail.com	ENDA – Énergie Résidence Phare Mamelles BP 3370 Dakar, Sénégal Tél. : (+221) 33 889 34 28 Mobile : (+221) 766 932 800
<b>Pays anglophones</b>			
Coordinateur régional	Ewah ELERI	ewaheleri@yahoo.com	International Centre for Energy Environment & Development (ICEED) Bassan Plaza, 3rd Floor., Block F., Central Business District, P.O. Box 5421, Garki Abuja, Nigeria Tél. : (+234) 9 783 1151
Kenya	Paul KIRAI	paul.kirai@gmail.com ecm@ecmcentre.com	ECM Centre KP Flats Milimani Routes P.O. Box 10135 00100 Nairobi, Kenya Tél. : (+254) 20 271 2999 /3001661 ou 254 720 828621 Mobile : (+254) 722 844950 Fax : (+254) 20 2712999
Nigeria	Imoh OBIOH	iobioh@yahoo.com	Atmospheric Research and Information Analysis Laboratory (ARIAL), Centre for Energy Research and Development (CERD) Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria Tél. : (+234) 36233638 Mobile : (+234) 8053105246
	Richard Olayiwola FAGBENLE	layifagbenle@yahoo.com	Mechanical Engineering Department, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria Mechanical Engineering Department, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria Tél. : (+234)-803-325-5619 et (+234)-805-301-1681

Pays	Nom	Email	Coordonnées
<b>Pays anglophones</b>			
Ouganda	Timothy BYAKOLA	acs@starcom.co.ug	Climate and Development Initiatives (CDI) PO Box 8849 Kampala, Ouganda Tél.: (+256) 41-342685 Fax : (+256) 41-347380
	Pierre MUKHEIBIR	PMukheibir@gmail.com	Mobile : (+61) 438 281 763
Tanzanie	Damian CASMIRI	dcasmiri@yahoo.com	Environmental Protection and Management Services Climate Change and Clean Development Mechanism) P.O Box 9997 Dar es Salaam Tanzanie Mobile : (+255) 787 418295
Consultant pour HELIO	Axel MICHAELWA	michaelowa@perspectives.cc	Perspectives GmbH Bureau de Zurich Klosbachstrasse 2 8032 Zurich Suisse Tél.: (+41) 448204208 Mobile : (+41) 762324004 Fax : (+41) 448204206





## ***Pour des politiques énergétiques et climatiques favorisant l'écodéveloppement***

**HELIO International fonctionne grâce aux groupes suivants :**

### **Conseil d'administration**

Rod JANSSEN – Président	Robert GOULD
Hélène CONNOR – Présidente honoraire	Valérie BLANCHOT-COURTOIS
Pierre BEAUDOUIN – Trésorier	Ibrahim TOGOLA – ex officio pour HELIO Afrique
Nina CAMPBELL – Secrétaire	

### **Groupe consultatif**

Houda ALLAL	Mithra MOEZZI
Alain GUINEBAULT	Laszlo PINTER
Adam GULA	John ROBINSON
Emilo LA ROVERE	Steve THORNE
Benoit LEBOT	Piotr TULEJ
Molly MELLUISH	Farid YAKER
Axel MICHAELWA	

### **Comité Scientifique et Technique**

Sujay BASU	Lucien ROYER
Gustavo BEST	Liam SALTER
Bernard CHABOT	Fulai SHENG
José GOLDEMBERG	Youba SOKONA
Richard HEEDE	Jacques THEYS
Hazel HENDERSON	Giap VAN DANG
Gunnar OLESEN	Alexander VAN de PUTTE
Jean-Pierre REVERET	



# HELIO International

## Qui sommes-nous ?

HELIO International est un réseau mondial indépendant d'analystes énergétiques reconnus, créé en 1997. Son principal objectif consiste à cerner, à évaluer, à mesurer et à rendre publique la contribution des politiques énergétiques à l'écodéveloppement. Les experts d'HELIO évaluent en toute indépendance les politiques énergétiques nationales, et informent les décideurs économiques et politiques de leurs apports et de leur efficacité. Ils forment l'Observatoire de la viabilité énergétique (OVE). Ils effectuent également des analyses, évaluations et monitorats de projets et fournissent des conseils sur l'écodéveloppement et la stabilisation du climat. HELIO coopère avec les principaux réseaux et organisations oeuvrant dans le domaine de l'énergie et du développement.

HELIO International est une organisation à but non lucratif dont le siège est à Paris, France. Elle est observatrice accréditée auprès du Conseil économique et social des Nations Unies (ECOSOC), auprès de la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), et auprès du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE).

## Nos activités

L'OVE est l'activité centrale d'HELIO International. Ses objectifs consistent à mesurer les progrès réalisés vers des pratiques énergétiques et de développement viables, au niveau national, régional et mondial. Les observateurs-reporters nationaux et les coordinateurs régionaux recueillent et analysent les données énergétiques par rapport à une série d'indicateurs choisis pour leur pertinence, leur clarté, leur équilibre et leur actualité. En s'appuyant sur ces indicateurs comme valeurs de référence, les observateurs-reporters locaux sont à même de fournir un panorama indépendant de la scène énergétique de leur pays. Leurs rapports peuvent alors être utilisés par les gouvernements, les industries, les ONG et les autres parties prenantes pour promouvoir l'écodéveloppement par des politiques, projets et activités locales.

HELIO a de même fourni les indicateurs d'écodéveloppement pouvant structurer les projets climatiques du Protocole de Kyoto et qui ont permis la création du Gold Standard.

Ces travaux ont récemment été étendus pour traiter de la vulnérabilité et la résilience des systèmes énergétiques face au changement climatique.

Les autres activités d'HELIO comprennent :

- L'apport de propositions indépendantes pour la conception et la mise en oeuvre de projets énergétiques, climatiques et d'écodéveloppement ;
- La conception d'outils analytiques et l'organisation d'ateliers de formation sur l'évaluation et le suivi des politiques énergétiques ;
- La promotion de la création de conseils de citoyens usagers et de leur intégration dans les processus de prise de décision dans le domaine de l'énergie ;
- Le soutien au travail réalisé par d'autres réseaux internationaux dans le domaine de l'énergie et du développement au moyen de la fourniture d'expertise stratégique et d'informations issues du réseau HELIO ;
- La publication et la mise à jour d'un site web comprenant les rapports de l'OVE sur les développements énergétiques des différents pays et régions, ainsi que des informations sur les projets d'HELIO et sur des développements énergétiques présentant un intérêt par rapport aux activités d'HELIO et ayant lieu dans d'autres pays ou régions.

## Nous contacter

Pour obtenir de plus amples informations sur HELIO International, veuillez consulter notre site web à l'adresse [www.helio-international.org](http://www.helio-international.org) ou nous écrire à : HELIO International, 56, rue de Passy, 75016 Paris, France, email : [helio@helio-international.org](mailto:helio@helio-international.org)

