



# **Les liens entre l'eau et l'énergie au regard des changements climatiques dans les pays en développement**

*Les expériences vécues en Amérique latine, en Afrique de l'Est et en Afrique australe*

Rapport de synthèse

présenté par

Inna Platonova et Michele Leone

Programme Changements climatiques et eau

Projet n° 106298-002

7 novembre 2012

Ottawa Canada

**Canada**

## Table des matières

RÉSUMÉ.....	3
INTRODUCTION.....	6
ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES .....	8
LES LIENS ENTRE L'EAU ET L'ÉNERGIE AU REGARD DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES EN AMÉRIQUE LATINE, EN AFRIQUE DE L'EST ET EN AFRIQUE AUSTRALE .....	9
Renseignements généraux.....	9
Possibilités et défis.....	10
Questions techniques .....	20
Facteurs physiques.....	20
Capacité d'entretien et de réparation .....	21
Aspects financiers .....	22
Participation de la collectivité.....	22
Aspects sociaux et culturels .....	22
Contexte institutionnel .....	23
Autres facteurs.....	23
ÉTABLISSEMENT DES PRIORITÉS DE RECHERCHE .....	25
RÉPERCUSSIONS SUR LE PLAN DES POLITIQUES .....	27
CONCLUSIONS.....	29
ANNEXE 1 .....	31
BIBLIOGRAPHIE .....	32

## RÉSUMÉ

Les questions interdépendantes que sont l'accès aux ressources hydriques et l'accès aux ressources énergétiques sont essentielles au renforcement de la capacité d'adaptation aux changements climatiques. En dépit de travaux de recherche de plus en plus nombreux sur la relation entre les changements climatiques et les ressources hydriques, d'une part, et sur le rapport entre la disponibilité de l'eau et l'énergie renouvelable au service du développement, d'autre part, peu d'efforts ont été consentis pour replacer la recherche sur les changements climatiques, l'eau et l'énergie réalisée à l'échelon local dans le contexte des pays en développement. En 2010, le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) a donné le coup d'envoi au projet Eau et énergie propres – évaluation des services relatifs à l'adaptation aux changements climatiques ayant pour objectif d'évaluer les facteurs qui favorisent et entravent l'utilisation des technologies d'énergies renouvelables décentralisées pour les services d'approvisionnement en eau afin d'aider les collectivités à mieux s'adapter à la variabilité du climat et aux changements et de soutenir l'accès équitable à ces services et leur pérennité dans un contexte de plus en plus incertain. Quatre équipes de recherche prennent part à ce projet, soit : Fundacion Bariloche, (Argentine); Clean Energy Incubator de l'Université du Texas à Austin (États-Unis); Energy Research Centre de l'Université du Cap (Afrique du Sud); Energy, Environment and Development Network for Africa (AFREPREN/FWD) (Kenya). Au terme de leurs travaux, ces équipes ont rédigé des rapports d'examen approfondi portant sur l'Amérique latine, l'Afrique australe et l'Afrique de l'Est.

Le texte intégral de ces rapports et les documents connexes sont accessibles ci-dessous (en anglais seulement) :

[Rapport sur l'Afrique australe](#)

[Barriers to the integration of the water-energy nexus in policy and practice in Southern Africa and future research opportunities](#)

[Water-energy nexus in the context of climate change in the Southern African region](#)

[Water-energy nexus and climate change in Southern Africa : towards a modelling framework as a policy and planning tool](#)

[Rapport sur le Mexique](#)

[Rapport sur l'Argentine](#)

[Rapport sur l'Afrique de l'Est](#)

Toutes les équipes de recherche ont dépouillé les ouvrages scientifiques et les documents de politique afin de procéder à l'analyse et à la synthèse des données qualitatives et quantitatives existantes portant sur le sujet. Elles ont en outre mené des consultations auprès d'experts du domaine de l'eau et de l'énergie. L'équipe d'Afrique du Sud a organisé un colloque et un atelier ayant pour thème les liens entre l'eau et l'énergie au regard des changements climatiques. Quoique toutes les équipes se soient inspirées des mêmes objectifs de recherche pour orienter leurs travaux, elles ont néanmoins eu recours à tout un

éventail de cadres conceptuels et analytiques choisis en fonction de la nature pluridisciplinaire de la recherche effectuée, de la complexité du phénomène à l'étude et de l'insuffisance de cadres communs établis pour s'attaquer aux problèmes soulevés. Toutes les équipes de recherche ont, de plus, dû composer avec la rareté des données spécifiques et le manque d'expérience documentée dans la région.

Bien que les régions à l'étude se distinguent l'une de l'autre par leur géographie, leur climat, leurs ressources naturelles ainsi que leurs aspects démographiques, sociaux, économiques et politiques, il n'en demeure pas moins qu'elles font face à des difficultés analogues inhérentes aux liens qui existent entre les changements climatiques, l'énergie et l'eau et qu'elles présentent, de façon générale, certaines caractéristiques communes, comme la rareté de l'eau, le peu d'accès à l'énergie propre et la grande vulnérabilité aux changements climatiques. Les études de cas révèlent que l'adoption réussie des technologies d'énergies renouvelables préconisées pour les services d'approvisionnement en eau donne lieu à l'observation de répercussions favorables. Le développement décentralisé de sources d'énergie à l'échelle locale et nationale promet de dégager des ressources financières qui serviront au développement local et au renforcement de la sécurité énergétique nationale. D'une part, les technologies d'énergies renouvelables décentralisées peuvent contribuer à réduire la vulnérabilité des collectivités et à améliorer la sécurité alimentaire, la santé, l'éducation et les occasions d'affaires, et ainsi diminuer la migration rurale-urbaine et prévenir la réinstallation dans des zones exposées à des risques climatiques. D'autre part, un réseau décentralisé de production d'énergie résiste mieux aux pannes locales susceptibles de toucher les nœuds et les liaisons et qui sont attribuables à des catastrophes liées aux changements climatiques. Enfin, quelques indices laissent croire que le cycle hydrologique nécessaire à la production locale d'énergie serait moins perturbé.

Un certain nombre d'obstacles freinent le recours aux technologies d'énergies renouvelables pour l'approvisionnement en eau. Les études de cas insistent sur l'importance de veiller à ce que les technologies soient de bonne qualité et fiables, et de tenir compte des limites de leur utilisation, notamment sous l'angle de la rareté croissante de l'eau. Les technologies doivent également demeurer économiques et adaptées aux conditions sociales et culturelles des utilisateurs. Du reste, il est indispensable de recourir à des mécanismes de financement abordables (au moyen du microcrédit, par ex.), en particulier pour les utilisateurs pauvres en milieu rural qui ont le plus besoin des technologies à l'étude. Le recours aux technologies est en tous points tributaire du renforcement des capacités adéquates d'entretien et de réparation, de l'amélioration de l'infrastructure fondamentale dans les régions rurales, de la participation des membres de la collectivité aux projets et de la satisfaction des préférences et besoins locaux. Il est impératif de bénéficier d'un important soutien institutionnel visant à diffuser les technologies et faisant fond sur la coordination des politiques ainsi que sur la coordination entre les institutions et les secteurs. En plus de présenter les technologies particulières dont elle recommande la mise en oeuvre, une stratégie d'adaptation aux changements climatiques doit porter sur la diversification des sources d'approvisionnement en eau, la multiplication des installations de stockage de l'eau et les mesures visant le rationnement de l'eau.

Les rapports soulignent la nécessité de mener davantage de recherches fondamentales sur les liens entre les changements climatiques, l'énergie et l'eau dans les pays en développement. La

modélisation et la planification applicables aux liens entre l'eau et l'énergie constituent l'un des domaines de recherche pour lesquels le regroupement des données géologiques, géophysiques et hydrologiques fragmentées ainsi que la mise au point et la mise en application plus poussées de modèles de système sont essentielles. Il est recommandé d'élaborer un cadre analytique servant à conjuguer les connaissances fragmentées sur les facteurs qui limitent ou soutiennent les types d'énergie renouvelable pour les services d'approvisionnement en eau dans les régions qui sont soumises à des contraintes climatiques. Il est en outre important d'examiner dans quelle mesure ces types d'énergie favorisent le développement inclusif et réduisent la vulnérabilité. D'ailleurs, la question du juste équilibre entre atténuation et adaptation dans le contexte du développement durable demeure. Il convient d'entreprendre de nouveaux travaux de recherche sur les moyens novateurs de conjuguer et de mettre en oeuvre simultanément des politiques en matière d'eau et d'autres en matière d'énergie visant à réduire la vulnérabilité à diverses conditions climatiques, de mettre efficacement en place des cadres et dispositions réglementaires, d'instaurer une coordination efficace entre les institutions compétentes qui fonctionnent à l'heure actuelle en vase clos et de créer des processus d'établissement de budget, de mise en oeuvre et d'évaluation en ce qui concerne l'eau, l'énergie et les changements climatiques. Il est recommandé d'effectuer de la recherche primaire et secondaire, interdisciplinaire et multidisciplinaire, qui est axée sur des problèmes déterminés afin de saisir la complexité des questions touchant le domaine à l'étude. Pour que la recherche soit efficace, il est impératif de combler le fossé linguistique entre les chercheurs et les responsables des politiques et d'instaurer de meilleures communications entre eux. Il est possible d'y parvenir en établissant des centres d'excellence sur le transfert de connaissances dans les pays qui sont soumis à des contraintes et en favorisant la communication, aux échelons des bailleurs de fonds et des gouvernements, entre les initiatives d'envergure distinctes sur l'accès amélioré aux ressources énergétiques et aux ressources hydriques et sur l'adaptation.

**Mots clés** : liens entre l'eau et l'énergie, adaptation aux changements climatiques, technologies d'énergies renouvelables, pays en développement

## INTRODUCTION

Les ressources hydriques et énergétiques sont étroitement reliées (Scott et coll., 2011). L'énergie est nécessaire à l'extraction, au traitement et à la purification, à la distribution, au réchauffement et au refroidissement de l'eau ainsi qu'à la collecte et à l'épuration des eaux usées (Olsson, 2011). L'eau est essentielle à la production d'électricité, à l'extraction de combustible fossile et à l'emmagasiner d'énergie potentielle pouvant servir à faire fonctionner les centrales hydroélectriques, à refroidir les turbines et à produire et transformer le maïs, la canne à sucre et d'autres types de biomasse afin de répondre à la demande croissante de biocarburants (Searchinger et coll., 2008; Voinov et Cardwell, 2009). L'accès à l'eau et à l'énergie sont deux éléments fondamentaux du développement durable et de la réduction de la pauvreté qui ne doivent pas être examinés séparément (Olsson, 2011). À l'heure où le monde se heurte à des problèmes liés aux changements climatiques et à l'accroissement de la demande d'eau et d'énergie s'inscrivant dans un contexte d'insécurité énergétique et de rareté de l'eau toujours plus grandes, de nouveaux travaux de recherche, des politiques et des débats publics attirent l'attention sur l'interrelation entre l'eau et l'énergie (Siddiqi et Anadon, 2011). Bien que la recherche portant sur les changements climatiques et l'eau (Bohannon, 2010; Mulitza et coll., 2010; O'Reilly et coll., 2003; Verburg et coll., 2003) ainsi que sur la relation entre la disponibilité de l'eau et l'énergie renouvelable au service du développement (Practical Action, 2012; PNUD/OMS, 2009; Conseil mondial de l'énergie, 2010) se soit intensifiée, on constate que les chercheurs, notamment ceux d'établissements dans les pays en développement, ont consenti peu d'efforts à l'intégration, à l'échelon local, des travaux de recherche axés sur les changements climatiques, l'eau et l'énergie.

Afin d'impulser la recherche sur ce thème urgent, mais jusqu'à tout récemment négligé, le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) a lancé, en 2010, un appel à études de cas intitulé Eau et énergie propres – évaluation des services relatifs à l'adaptation aux changements climatiques. Ces études de cas avaient pour but d'évaluer le potentiel que recèle l'utilisation de technologies d'énergies renouvelables décentralisées pour les services d'approvisionnement en eau ainsi que les obstacles qui s'y opposent en vue d'améliorer la résistance à la variabilité du climat et aux changements des collectivités locales et leur capacité d'adaptation, et de soutenir l'accès équitable à ces services et leur pérennité dans un contexte de plus en plus incertain. Ce projet repose sur le principe voulant que les questions d'accès aux ressources hydriques et d'accès aux ressources énergétiques sont à la fois interdépendantes et essentielles au renforcement de la capacité d'adaptation aux changements climatiques. On reconnaît largement la nécessité de comprendre la faisabilité socio-économique d'une transition de sources d'énergie reposant sur le carbone à des technologies d'énergies renouvelables décentralisées à faible émission de carbone et à l'épreuve des changements climatiques. Il est néanmoins tout aussi important de se pencher sur les façons d'encourager les utilisateurs à se porter acquéreurs des technologies et à devenir producteurs et distributeurs d'énergie dans un monde décentralisé, mais malgré tout réseauté. Du reste, il est indispensable d'examiner dans quelle mesure les services d'approvisionnement en eau et en énergie, les règlements, les investissements et les politiques peuvent appuyer une telle transition. Il pourrait en découler des services plus fiables susceptibles de contribuer à maintenir un équilibre plus stable avec l'environnement, ainsi qu'une meilleure résistance et solidité face

aux changements externes, des caractéristiques qui distinguent les systèmes bien pensés. Cependant, la façon dont s'opérera cette transition sur le plan culturel et des politiques sera déterminante, car un accès élargi à l'énergie motivé par des impératifs liés aux possibilités économiques, au développement équitable et à l'atténuation des changements climatiques peut entraîner comme conséquences non voulues une pression croissante exercée sur les services environnementaux, la biodiversité et les ressources hydriques, ainsi que l'accès, à ces ressources, d'un nombre de plus en plus grand d'acteurs aux points de vue divergents.

Quatre équipes de recherche se sont jointes au projet pour traiter ces questions pressantes et ont produit des rapports d'examen approfondi en s'inspirant de la littérature disponible et d'études de cas réalisées en Amérique latine, en Afrique australe et en Afrique de l'Est.

- **Fundacion Bariloche**, une fondation argentine, s'est livrée à une évaluation des types d'énergie de rechange destinés aux activités agricoles dans les régions du nord de la Patagonie qui font face à une pénurie croissante d'eau, en ayant recours à des études de cas menées à Catamarca, Neuquén et La Rioja.
- **Clean Energy Incubator de l'Université du Texas à Austin**, aux États-Unis, a procédé à une évaluation des services d'approvisionnement en eau et en énergie au Mexique en s'appuyant sur des études de cas portant sur la ville de Mexico, le sud du pays (régions d'Oaxaca et de Chiapas) et le bassin hydrographique de Rio Sonora dans l'État de Basse-Californie, dans le nord du Mexique.
- **Energy Research Centre de l'Université du Cap**, en Afrique du Sud, s'est intéressé aux questions stratégiques et institutionnelles qui favorisent ou entravent l'adoption de technologies d'énergies propres en vue d'améliorer l'approvisionnement en eau en Afrique australe, en faisant fond sur des études de cas menées au Botswana, en Namibie, en Afrique du Sud, au Lesotho et au Mozambique.
- **Energy, Environment and Development Network for Africa (AFREPREN/FWD)**, établi à Nairobi, au Kenya, s'est penché sur l'utilisation des technologies d'énergies renouvelables pour assurer le pompage de l'eau à usage domestique et agricole ainsi que sur le rôle des politiques pour améliorer la sécurité hydrique à l'échelle des collectivités dans la Corne de l'Afrique, notamment au Kenya et en Tanzanie.

S'inspirant des quatre rapports (AFREPREN/FWD, 2012; Bravo et coll., 2011; King et coll., 2011; Prasad et coll., 2012), le présent rapport de synthèse fait ressortir les points communs et les différences se rapportant aux façons dont les services d'approvisionnement en eau et en énergie propre sont combinés dans différentes régions des pays en développement.

Le rapport de synthèse donne d'abord un aperçu des méthodes auxquelles ont eu recours les auteurs des différents rapports, puis décrit brièvement le contexte qui prévaut dans chacune des régions à l'étude et explique les raisons qui ont motivé le choix des études de cas, en tenant compte des facteurs physiques, des aspects socioéconomiques, des choix technologiques et des solutions politiques. Il présente, par la suite, une analyse des possibilités et difficultés inhérentes à l'adoption des technologies

pertinentes et à la mise en oeuvre des moyens d'action dont il est fait mention dans les rapports. Enfin, il examine les répercussions sur les recherches et solutions politiques à venir et les priorités de celles-ci.

## ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES<sup>1</sup>

Toutes les équipes de recherche ont procédé à l'analyse et à la synthèse de données qualitatives et quantitatives existantes portant sur le sujet en effectuant principalement le dépouillement des ouvrages scientifiques et des documents de politique. L'équipe de recherche d'Afrique du Sud a en outre mené une consultation auprès de 22 experts du domaine de l'eau et de l'énergie et a organisé un séminaire et un atelier consacrés aux liens entre l'eau et l'énergie au regard des changements climatiques. On trouvera, à l'annexe 1, la liste des experts consultés au cours de la préparation du rapport intégral de cette équipe de recherche. Tous les rapports font mention de consultations écrites auprès d'experts en élaboration de politiques.

L'équipe de recherche de l'Argentine a, pour sa part, invité les instituts suivants à prendre part à l'étude : l'Instituto Nacional de Estadística y Censos, l'Instituto Nacional del Agua, le Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, le Servicio Meteorológico Nacional, l'Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas, l'Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales et l'Instituto Argentino de Recursos Hídricos.

L'équipe de recherche du Mexique a tenu des consultations auprès de l'Asociación Nacional de Energía Solar, de la Comisión Reguladora de Energía (au chapitre de l'efficacité, de l'utilisation et de la réglementation), de la Comisión Nacional del Agua, de la Comisión Ambiental Metropolitana et du Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Enfin, l'équipe de l'Afrique de l'Est a recueilli les observations du Energy Regulation Board (Kenya), du Energy Regulation Commission (Tanzanie), du Energy and Water Utilities Regulatory Authority (Ouganda), du Kenya Rural Electrification Authority et du Kenya Water Services Regulatory Board.

Bien que toutes les équipes se soient inspirées des mêmes objectifs de recherche pour orienter leurs travaux, elles ont néanmoins eu recours à tout un éventail de cadres conceptuels et analytiques choisis en fonction de la nature pluridisciplinaire de la recherche effectuée, de la complexité du phénomène à l'étude et de l'insuffisance de cadres communs établis pour s'attaquer aux problèmes soulevés.

L'équipe de l'Argentine a fait appel au concept de « créneau » inspiré de l'ouvrage de Nadal et coll. (2006) pour évaluer les technologies susceptibles de convenir à la lumière des besoins particuliers, des ressources disponibles, de la situation locale et d'autres facteurs. Les chercheurs ont étudié en détail les obstacles à l'utilisation d'énergies renouvelables pour assurer l'approvisionnement en eau dans les zones arides et semi-arides et les ont classés selon qu'ils étaient d'ordre économique et financier, socioculturel, technologique, institutionnel, réglementaire et juridique, environnemental ou transversal. Ils ont ensuite examiné chaque problème en tenant compte de leur définition, de leur manifestation, de leurs causes, des acteurs concernés et de l'objectif. Pour l'étude portant sur l'Afrique australe, l'équipe s'est servie du cadre

---

<sup>1</sup> D'après AFREPREN/FWD, 2012; Bravo et coll., 2011; King et coll., 2011; Prasad et coll., 2012.

de Painuly (2001) afin d'analyser les obstacles à la diffusion des technologies d'énergies renouvelables puis a classés ces derniers selon qu'ils étaient attribuables à l'inefficacité du marché ou à la distorsion des marchés, ou qu'ils étaient d'ordre économique et financier, institutionnel, technique, social, culturel et comportemental, ou autre. L'équipe du Kenya a, pour sa part, opté pour un cadre axé sur les politiques s'articulant principalement autour de la comparaison des politiques nationales mises en oeuvre dans les pays d'Afrique de l'Est. Enfin, l'équipe du Mexique a adopté une approche fondée sur des études de cas dont elle a présenté la synthèse sous forme de grille dans laquelle, pour chaque type de technologies d'énergies renouvelables, elle a évalué les interventions en matière de politique touchant le financement, la tarification juste des services d'eau et d'énergie, les mandats et règlements, les subventions et les actions visant à susciter la participation communautaire en fonction de l'efficacité à favoriser l'atteinte des objectifs spécifiques que sont la gestion du carbone, la qualité de l'eau, la sécurité énergétique et la sécurité hydrique.

Toutes les équipes de recherche ont dû composer avec la rareté de données spécifiques et le manque d'expérience documentée dans la région. À titre d'exemple, l'équipe d'Afrique de l'Est souligne, dans son rapport, la disponibilité de données partielles sur les conséquences de la diffusion des technologies d'énergies renouvelables pour les services d'approvisionnement en eau dans la région, notamment sur le plan des changements climatiques. Ces données reposent sur des observations empiriques émanant de quelques projets pilotes. Pour sa part, l'équipe de recherche d'Argentine a fait savoir que l'insuffisance de données sur les coûts types, sur les efforts déployés en vue de la mise en oeuvre et sur les obstacles, ainsi que la difficulté d'accès à des données précises (par ex., les renseignements provenant du SIG) ont gêné le déroulement de ses travaux. Quant à l'équipe d'Afrique australe, elle a insisté sur le fait que l'absence d'un cadre analytique pour systématiser les constatations ayant ressorti des études de cas avait constitué un problème d'ordre méthodologique.

Les rapports sous-entendent l'importance d'examiner d'un point de vue à la fois statistique et historique le contexte dans lequel s'inscrivent les projets passés et actuels portant sur l'énergie renouvelable et l'eau. Le point de vue statistique permettrait d'évaluer les phénomènes répétitifs dans les conditions qui prévalent au moment du succès ou de l'échec d'un grand nombre de projets distincts, alors que le point de vue historique permettrait de déterminer comment ces conditions sont apparues et dans quelle mesure elles pourraient ou non se manifester à nouveau à l'heure actuelle.

## **LES LIENS ENTRE L'EAU ET L'ÉNERGIE AU REGARD DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES EN AMÉRIQUE LATINE, EN AFRIQUE DE L'EST ET EN AFRIQUE AUSTRALE**

### **Renseignements généraux**

Quoique les régions à l'étude se distinguent l'une de l'autre par leur géographie, leur climat, leurs ressources naturelles ainsi que leurs aspects démographiques, sociaux, économiques et politiques, elles font néanmoins face à des difficultés analogues liées aux liens entre les changements climatiques, l'énergie et l'eau et peuvent présenter, de façon générale, certaines caractéristiques communes, comme la rareté de l'eau, le peu d'accès à l'énergie propre et la grande vulnérabilité aux changements climatiques.

Au Mexique, par exemple, plus de 11 millions de personnes (soit près de 10 % de la population) ont difficilement accès à des sources d'approvisionnement en eau, alors que 22 millions (soit environ 20 % de la population) n'ont pas accès à des installations sanitaires. Les réservoirs d'eau se vident peu à peu, entraînant une contamination que l'on attribue aux processus de lixiviation et à la dilution des minéraux et des produits chimiques présents dans les volumes d'eau décroissants. Bien que le pays soit le 7<sup>e</sup> plus important producteur de pétrole, 3 millions de personnes ne sont pas raccordés au réseau électrique national (King et coll., 2011). En Afrique de l'Est, près de 50 % de la population rurale n'a pas accès à des services améliorés d'approvisionnement en eau. En Tanzanie, par exemple, seulement 7,4 % de la population profite de l'eau courante et les taux d'électrification dans la région sont plutôt faibles. En Ouganda, seulement 9 % de la population a accès à l'électricité (AFREPREN/FWD, 2012). En Afrique australe, les centrales alimentées au charbon situées surtout en Afrique du Sud, au Zimbabwe et au Botswana contribuent à l'essor du secteur de l'énergie. Malgré cela, 45 % de la population du Botswana demeure sans électricité. D'autres pays à l'étude font face à des situations encore plus graves en ce qui concerne leurs sources d'approvisionnement en eau et en énergie. Ainsi, au Mozambique, 42 % de la population a accès à une source d'eau de meilleure qualité, mais seulement 12 % de la population est raccordée au réseau électrique (Prasad et coll., 2012).

Ces régions sont de plus en plus soumises à des contraintes causées par les changements climatiques (augmentation générale de température et diminution prévue des précipitations, sauf dans certaines parties du Mexique et de l'Afrique de l'Est) auxquels s'ajoutent des facteurs anthropiques (par ex., les changements apportés à l'utilisation des terres, la pression exercée par une population croissante). Les provinces d'Argentine qui ont fait l'objet de l'étude comportent de vastes zones arides et seront particulièrement touchées par la diminution des précipitations de neige dans les Andes, ainsi que par l'intensification de l'évapotranspiration et des besoins en eau aux fins de la production hydroélectrique et des activités agricoles et d'élevage à grande échelle. Les périodes de sécheresse sporadiques risquent en outre de devenir chroniques (Bravo et coll., 2011). D'ailleurs, la pénurie des ressources hydriques frappe désormais pour ainsi dire l'ensemble du Mexique et la sécheresse prolongée qui s'abat sur le pays serait la plus importante jamais enregistrée dans les données climatologiques du pays. Sous l'effet des changements climatiques, les pays d'Afrique de l'Est et d'Afrique australe sont susceptibles de subir des hausses des températures et une forte variabilité des précipitations qui provoqueront de très grandes sécheresses, de graves inondations et des vagues de chaleur intense. Dans la mesure où l'économie de ces pays est tributaire de l'agriculture pluviale, les changements climatiques entraîneront indéniablement des répercussions sur la sécurité alimentaire, lesquelles se font, du reste, déjà sentir en Afrique de l'Est où la fréquence accrue des sécheresses a donné lieu à des pénuries de vivres ainsi qu'à des périodes dévastatrices de famine (AFREPREN/FWD, 2012). En 2011, les pires sécheresses à survenir depuis 1995 ont déclenché une grave crise alimentaire en Somalie, à Djibouti, en Éthiopie et au Kenya (BCAH, 2011).

### **Possibilités et défis**

En raison de la variabilité accrue du climat, les technologies d'énergies renouvelables peuvent être utiles pour améliorer les services d'approvisionnement en eau grâce, notamment, au chauffage solaire de l'eau et au pompage, à la purification et au traitement de l'eau à petite échelle dans les zones hors réseau.

S'appuyant sur ces prémisses, les équipes de recherche ont examiné, entre autres choses, les études de cas portant sur le recours aux énergies renouvelables en vue de favoriser l'accès à l'eau dans les collectivités exposées à des risques climatiques ou à des contraintes hydriques dans les différentes régions d'Amérique latine, d'Afrique de l'Est et d'Afrique australe (tableau 1). Les chercheurs se sont employés à dégager les facteurs qui favorisent et entravent la mise en valeur de ces technologies, les incidences socio-économiques et environnementales afférentes à celles-ci et le rôle des politiques à l'appui de l'adoption de telles solutions.

Tableau 1 : Liste des études de cas sur les technologies d'énergies renouvelables préconisées pour les services d'approvisionnement en eau en Amérique latine, en Afrique de l'Est et en Afrique australe

Pays	Études de cas	Principales constatations
Argentine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• système de pompage photovoltaïque dans les puits profonds à Catamarca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les régions arides faisant l'objet des études sont particulièrement vulnérables à la variabilité du climat, laquelle exacerbera les problèmes existants de disponibilité de l'eau.</li> <li>• Les systèmes de pompage alimentés à même les sources d'énergie renouvelable peuvent être une solution de rechange plus économique et fiable aux systèmes traditionnels. Il se peut, toutefois, que l'utilisation de certaines de ces technologies (par ex., les systèmes de pompage fonctionnant à l'énergie photovoltaïque) soit restreinte en raison d'une disponibilité limitée de l'eau souterraine attribuable à la salinisation, à la pollution ou à l'abaissement du niveau de l'eau découlant, ou non, des changements climatiques. Du reste, il semble que les systèmes autonomes de pompage à l'énergie renouvelable exigent davantage de soutien technique à long terme et de renforcement des capacités des collectivités locales que les systèmes fonctionnant au diesel.</li> <li>• Une hausse des coûts et des problèmes techniques pèsent sur les systèmes traditionnels et sur ceux fonctionnant à l'énergie renouvelable qui sont mis en place pour assurer une meilleure disponibilité de l'eau. Les systèmes de pompage à l'énergie renouvelable, notamment ceux ayant recours à la technologie photovoltaïque, supposent une mise de fonds importante.</li> <li>• Lorsque plusieurs ressources sont disponibles, les types d'énergie renouvelable privilégiés qui ressortent dans les études sont l'énergie électrique, l'énergie éolienne et l'énergie solaire. L'énergie électrique est habituellement exclue dans les zones arides. Le pompage à l'énergie photovoltaïque peut convenir davantage aux très petites unités de production en milieu rural, alors que les systèmes hybrides ou fonctionnant au diesel sont de meilleurs choix pour les unités de production à moyenne ou grande échelle.</li> <li>• Le cadre institutionnel pour la gestion de l'eau et l'approvisionnement en eau est marqué par une grande fragmentation et une coordination défailante entre les institutions et les secteurs.</li> <li>• Une bonne stratégie d'adaptation aux changements climatiques repose sur la diversification des sources d'approvisionnement en eau, la multiplication des</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pompage au moyen d'éoliennes à faible puissance à Neuquén</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• éoliennes de grande puissance connectées au réseau aux fins de l'irrigation à La Rioja</li> </ul>	

		<p>installations de stockage de l'eau et l'utilisation efficace et rationnelle de l'eau.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La disponibilité de l'information, l'organisation et l'engagement communautaires, le renforcement des capacités d'utilisation des nouvelles technologies et l'aide à l'aménagement des terres sont essentiels à la mise en oeuvre appropriée des stratégies d'adaptation.</li> </ul>
<b>Mexique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• chauffage solaire de l'eau à Mexico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lorsque mises en oeuvre correctement, les technologies que sont la collecte des eaux de pluie répartie et le chauffage solaire de l'eau s'avèrent efficaces et en accord avec les liens entre l'eau et l'énergie, puisqu'elles contribuent à réduire l'utilisation des ressources reposant sur les combustibles.</li> <li>• La fiabilité technique, le soutien technique rapidement et facilement disponible, la sensibilisation, l'éducation du public et le financement des coûts initiaux améliorent les taux de pénétration des technologies.</li> <li>• Il est essentiel pour favoriser l'adoption des technologies d'offrir du financement abordable, comme des prêts à taux d'intérêt faible.</li> <li>• Les instruments de politique, comme les mandats et la tarification juste des services d'approvisionnement en eau et en énergie, peuvent soutenir l'exploitation durable des réseaux d'alimentation en eau et des systèmes énergétiques.</li> <li>• L'acceptation culturelle et l'aptitude à comprendre la capacité et la volonté des consommateurs de payer sont des facteurs déterminants de mise en place des technologies.</li> <li>• Les technologies de l'information et de la communication (TIC) peuvent se révéler un moyen efficace d'éducation et favorisent la collecte et la diffusion de données importantes sur les ressources naturelles.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• collecte des eaux de pluie répartie à Mexico</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dessalement à l'énergie solaire dans l'État de Sonora et dans l'État de Basse-Californie</li> </ul>	
<b>Kenya et Tanzanie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pompes à pédale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les technologies d'énergies renouvelables peuvent contribuer dans une large mesure à relever les défis propres à la région ayant trait aux services d'approvisionnement en eau. Lorsqu'utilisées à des fins d'irrigation, ces technologies peuvent s'avérer utiles pour améliorer la sécurité alimentaire chez les pauvres.</li> <li>• En comparaison d'autres technologies d'énergies renouvelables de pompage, les pompes à pédale sont les plus répandues, surtout en raison de leur bas prix et du fait que les personnes à faible revenu peuvent s'en procurer en puisant à même leurs économies ou leurs prestations de retraite. Toutefois, la durée de vie des pompes à pédale n'est que de six ans, alors que celle des pompes à piston plongeur est de</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• éoliennes de pompage</li> </ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pompes à piston plongeur</li> </ul>	<p>40 ans et celle des éoliennes de pompage, de 20 ans.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les gouvernements se montrent peu enclins à encourager l'usage des pompes à pédale, des éoliennes de pompage et des pompes à piston plongeur.</li> <li>• Il ne semble pas y avoir de soutien clair sur le plan des politiques visant à favoriser la diffusion des technologies d'énergies renouvelables pour les services d'approvisionnement en eau et s'inscrivant dans une stratégie d'adaptation aux changements climatiques. Les politiques et stratégies nationales existantes sont axées principalement sur les technologies à grande échelle et sur les projets nationaux d'électrification.</li> </ul>
<b>Namibie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• systèmes solaires autonomes pour le captage des eaux souterraines</li> <li>• chauffe-eau et pompage à l'énergie solaire</li> <li>• système hybride d'approvisionnement en énergie fonctionnant au diesel et à l'énergie solaire à Gobabeb et à Tsumkwe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La région fait face à d'inquiétantes contraintes liées aux ressources hydriques et énergétiques. Les technologies d'énergies renouvelables pour les services d'approvisionnement en eau peuvent libérer de ces contraintes les régions les plus touchées.</li> <li>• De nombreux obstacles se dressent sur la route conduisant à l'adoption de ces technologies, comme le coût élevé en capital et l'accès insuffisant à du financement abordable. La dépendance à l'égard des bailleurs de fonds externes est susceptible de compromettre la viabilité des projets.</li> <li>• Les obstacles techniques sont, entre autres, le manque de personnel qualifié et d'entrepreneurs spécialisés en énergies renouvelables.</li> <li>• Des politiques publiques mal définies, un soutien insuffisant sur le plan des politiques en faveur des technologies d'énergies renouvelables, une capacité institutionnelle déficiente et le manque de confiance du gouvernement à l'égard des technologies retardent la diffusion de celles-ci.</li> </ul>
<b>Botswana</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• énergie solaire pour le captage des eaux souterraines à Ngamiland</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le manque d'infrastructures routières, de raccordement au réseau et de communications devient un problème particulier dans les régions éloignées.</li> <li>• La participation active de la collectivité et le leadership du gouvernement local sont essentiels pour assurer la mise en place réussie des technologies. D'autres facteurs de réussite sont la bonne planification, la gestion et l'éducation.</li> </ul>
<b>Mozambique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pompes à l'énergie solaire à Nampula et à Zambézie</li> <li>• pompes à l'énergie solaire à Maputo et à Guro</li> </ul>	

<b>Afrique du Sud</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>politiques et planification en matière d'eau et d'énergie</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Les politiques, les lois et les règlements ne tiennent pas suffisamment compte des liens qui existent entre l'eau et l'énergie.</li><li>Les sociétés minières, les banques et Eskom s'efforcent de renseigner le gouvernement au sujet de ces liens.</li><li>L'intégration de pompes ou de chauffe-eau fonctionnant à l'énergie solaire peut être utile à la prestation des services municipaux, puisqu'elle offre des occasions de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES), qu'elle contribue à la réduction de la pauvreté et qu'elle permet de réaliser des économies au chapitre des dépenses.</li></ul>
<b>Lesotho</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>stratégie d'adaptation aux changements climatiques</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Les projets d'approvisionnement en eau à grande échelle ont été couronnés de succès, mais les avantages qui en ont découlé n'ont pas été répartis également. Les problèmes relatifs à l'utilisation des terres et aux droits fonciers persistent.</li><li>On a recommandé de prendre les mesures suivantes afin d'accroître la résilience au stress hydrique : aménagement paysager intensif visant à mieux retenir les eaux pluviales, adoption de technologies pour l'approvisionnement en eau et l'assainissement, formation à l'environnement.</li></ul>

Source : AFREPREN/FWD, 2012; Bravo et coll., 2011; King et coll., 2011; Prasad et coll., 2012.

Les études de cas révèlent, dans une certaine mesure, que l'adoption réussie des technologies d'énergies renouvelables préconisées pour les services d'approvisionnement en eau donne lieu à l'observation de répercussions favorables.

- L'énergie est produite localement où elle est consommée; les consommateurs deviennent à la fois les producteurs d'énergie et les propriétaires des technologies. Cette façon de faire est susceptible d'améliorer l'équité et la sécurité énergétiques d'une collectivité et de favoriser la distribution en raison du sentiment accru d'appartenance. La dépendance envers les importations d'énergie constitue un lourd fardeau économique pour les pays en développement, ayant pour effet de menacer leur stabilité politique et économique. Tout aussi important, cependant, est le fardeau attribuable à la production d'énergie sortante dont bénéficient les économies limitrophes en pleine croissance. Le développement décentralisé de sources d'énergie à l'échelle locale et nationale promet de dégager des ressources financières qui serviront au développement local et au renforcement de la sécurité énergétique nationale.
- Les technologies d'énergies renouvelables décentralisées peuvent en outre contribuer à réduire la vulnérabilité des collectivités et à améliorer la sécurité alimentaire, la santé, l'éducation et les occasions d'affaires, et ainsi diminuer la migration rurale-urbaine et prévenir la réinstallation dans des zones exposées à des risques climatiques.
- Un réseau décentralisé de production d'énergie résiste mieux aux pannes locales susceptibles de toucher les nœuds et les liaisons et qui sont attribuables à des catastrophes liées aux changements climatiques.
- Quelques indices laissent croire que le cycle hydrologique nécessaire à la production locale d'énergie serait moins perturbé.
- La meilleure connaissance qu'ont acquise les collectivités marginalisées à l'égard de leurs droits touchant les biens de production peut orienter les réformes des politiques.
- Il est possible de gérer les technologies décentralisées par le truchement des mêmes réseaux sociaux auxquels font appel les collectivités dans le cadre de leurs efforts d'adaptation à la variabilité du climat et aux changements climatiques.

Ainsi, les études de cas réalisées en Afrique de l'Est font état d'une sécurité alimentaire accrue et d'une amélioration des moyens de subsistance chez les petits agriculteurs pauvres qui utilisent les pompes à pédale (AFREPREN/FWD, 2012). En Afrique australe, l'étude de cas portant sur les pompes à eau photovoltaïques dans la province de Maputo, au Mozambique, révèle une plus grande sécurité au chapitre de l'approvisionnement en eau ainsi qu'une résilience accrue aux changements climatiques chez les bénéficiaires (Prasad et coll., 2012). L'étude menée en Argentine indique, quant à elle, que depuis les années 1980, le recours aux technologies d'énergies renouvelables pour assurer l'accès à l'eau est demeuré assez limité, et les résultats obtenus ont été plutôt variables. Malgré tout, l'accès aux services d'approvisionnement en eau dans le cadre de projets connexes s'est, en général, amélioré (Bravo et coll., 2011). Enfin, le rapport sur le Mexique souligne qu'il peut être approprié, en milieu rural et urbain, de combiner les technologies d'énergies renouvelables et les systèmes d'alimentation en d'eau en parallèle,

par exemple, avec la mise en place de stratégies ayant pour but d'assurer des avantages connexes, comme la réduction des prix de l'énergie grâce au chauffage solaire de l'eau, tout en améliorant la disponibilité de l'eau et en réduisant les risques d'inondation au moyen d'un système de collecte des eaux de pluie répartie raccordé aux convertisseurs héliothermiques dans les zones urbaines (King et coll., 2011).

Un certain nombre d'obstacles continuent, néanmoins, de freiner l'adoption des technologies. Les chercheurs qui ont pris part aux quatre études ont soulevé des questions similaires concernant la mise en place des technologies d'énergies renouvelables pour l'approvisionnement en eau, mais ont également fait ressortir les facteurs propres à leur situation respective (se reporter au tableau 2), qu'il est possible de classer dans les catégories suivantes, et ce, malgré les différents cadres analytiques auxquels ont eu recours les chercheurs dans leur rapport :

- questions techniques,
- facteurs physiques,
- capacité d'entretien et de réparation,
- aspects financiers,
- participation de la collectivité,
- aspects sociaux et culturels,
- contexte institutionnel,
- autres facteurs.

Le tableau ne révèle l'existence d'aucune hiérarchie bien établie du degré d'importance des facteurs cernés. On constate, toutefois, que les obstacles financiers et le soutien insuffisant sur le plan des politiques sont essentiellement présents dans la mesure où ils influent sur d'autres facteurs avec lesquels ils ont un rapport de cause à effet.

Fait intéressant, le rapport sur l'Afrique de l'Est ne répertorie pas, parmi les facteurs importants, les contraintes d'ordre culturel et social et n'accorde qu'une influence moyenne au manque de participation de la collectivité, ce qui contraste, en partie, avec les données empiriques émanant d'un grand nombre de projets de développement réalisés dans la région. Cela s'explique, dans une certaine mesure, par le fait que lorsque les programmes de développement technologique bénéficient du soutien de politiques qui favorisent la diffusion des connaissances et l'apport de contributions financières en vue d'assurer l'abordabilité des technologies et qu'ils donnent lieu à des partenariats axés sur le renforcement des capacités entre des acteurs du secteur public et d'autres non étatiques, on arrive parfois à surmonter les obstacles culturels en mettant au premier plan des exemples de projets pilotes réussis.

À ce chapitre, il convient de mentionner que les obstacles culturels ne doivent pas, la plupart du temps, être vus comme les causes profondes du peu de diffusion des technologies, mais plutôt comme des réactions aux programmes mal conçus, au manque d'information ou aux contraintes financières.

Tableau 2 : Principaux problèmes liés à la diffusion des technologies dans les régions à l'étude

Grands problèmes cernés	Mexique	Argentine			Afrique de l'Est.			Afrique australe		
		Neuquén	Catamarca	La Rioja	Kenya	Tanzanie	Ouganda	Namibie	Botswana	Mozambique
Mauvaise qualité des systèmes et assemblage inadéquat	++	+	++	-	+	++	+	++	+	+++
Restrictions dues à des facteurs physiques	+	+++	+++	+++	++	+	+	+	S.O.	++
Capacités insuffisantes d'entretien et de réparation	+++	+	+++	-	++	++	+++	+++	+++	+++
Obstacles financiers	+++	++	++	+++	++	+++	+++	+++	+++	+++
Participation insuffisante de la collectivité	+++	+	+++	-	+	++	++	+++	+++	+++
Contraintes culturelles et sociales	+++	++	+++	+	+	+	+	+++	+	++
Manque de soutien en matière de politiques	+++	++	+++	+	+++	++	+++	+++	+++	+

- +++ Grande importance
- ++ Importance moyenne
- + Faible importance
- Sans importance
- s.o. Sans objet (n'a pas été mentionné)

Source : D'après les consultations menées auprès des équipes de recherche.

### **Questions techniques**

La mauvaise qualité des systèmes et l'assemblage inadéquat risquent d'entraver considérablement l'adoption des technologies à l'étude. Les quatre équipes de recherche ont d'ailleurs fait remarquer qu'il s'agit là d'obstacles à l'adoption répandue de technologies qui, pourtant, sont tout indiquées. L'étude de cas sur les chauffe-eau fonctionnant à l'énergie solaire à Mexico est un exemple qui illustre ce phénomène (King et coll., 2011). La mise en place initiale des chauffe-eau solaires s'est avérée un échec principalement en raison de l'absence de normes d'exploitation et du manque d'expertise technique ayant entraîné l'assemblage défectueux de ces appareils sans recours possible à des services de réparation (Mallett, 2007). Ce n'est que depuis que la commission mexicaine de l'énergie a lancé, en 2007, son programme visant à promouvoir le chauffage de l'eau à l'énergie solaire (PROCALSOL), qui assure un assemblage de grande qualité grâce à des programmes de formation et de certification ainsi qu'à des normes rigoureuses de qualité, que le taux d'adoption des chauffe-eau a augmenté considérablement. Cet exemple permet de prendre conscience de la mesure dans laquelle la mise en oeuvre de politiques et de programmes publics adéquats peut contribuer, dans certains cas, à surmonter les obstacles sur le plan technologique et des connaissances (King et coll., 2011) L'étude de cas portant sur les petites éoliennes à Neuquén, en Argentine, souligne que la qualité des éoliennes diffère d'une marque à l'autre et que le soutien technique après-vente est limité (Bravo et coll., 2011). Les études réalisées en Afrique australe font également ressortir les obstacles techniques urgents que sont la piètre qualité des systèmes, l'absence de contrôle de la qualité et les normes inappropriées (Prasad et coll., 2012). Dans le même ordre d'idées, le rapport sur l'Afrique de l'Est indique que compte tenu de l'absence de normes, la qualité de systèmes similaires n'est pas toujours la même (AFREPREN/FWD, 2012).

### **Facteurs physiques**

Les facteurs physiques liés à la variabilité du climat peuvent avoir pour effet de limiter le fonctionnement des technologies d'énergies renouvelables. À titre d'exemple, les chercheurs qui se sont intéressés à l'Argentine soulignent que les systèmes de pompage photovoltaïques ne conviennent ni aux charges hydrauliques élevées ni aux demandes d'eau variables (Bravo et coll., 2011). Pour leur part, les phénomènes de salinisation, de pollution ou de diminution du niveau de l'eau souterraine, qu'ils soient ou non attribuables aux changements climatiques, risquent d'influer sur la disponibilité de l'eau dans les systèmes d'approvisionnement en eau faisant appel ou non aux énergies renouvelables. Les choix technologiques sont davantage dictés par ce qu'un nombre restreint de fournisseurs sont en mesure d'offrir, passant ainsi sous silence les constatations qui découlent de l'examen des facteurs physiques locaux (Bravo et coll., 2011). Même lorsqu'un vaste éventail d'options est proposé, une grande incertitude entoure le processus décisionnel relativement au choix à faire compte tenu du manque de connaissances sur le cycle hydrologique local ainsi que sur l'étendue, l'importance et la nature des ressources hydriques souterraines. Si l'on examine le cas des pompes à pédale qui sont disponibles, à l'heure actuelle, sur le marché en Afrique de l'Est, il convient de mentionner qu'elles fonctionnent à merveille là où l'eau souterraine est peu profonde, puisqu'elles ne permettent de capter l'eau qu'à une profondeur maximale de sept mètres. Les périodes de sécheresse prolongées sont donc susceptibles de provoquer un abaissement du niveau de la nappe phréatique, influant directement sur l'efficacité de ces appareils et entraînant une hausse considérable des frais d'entretien et de remplacement estimés initialement. Les chercheurs font

remarquer que malgré le fait que les technologies d'énergies renouvelables pour les services d'approvisionnement en eau constituent des solutions d'adaptation majeures, leur conception doit être pensée en fonction de la fréquence accrue et de la durée des périodes de sécheresse (AFREPREN/FWD, 2012). D'après l'examen des différents rapports et de la documentation sur le sujet, il semble que bien qu'on se soit constamment efforcé de comprendre la viabilité économique et financière de solutions technologiques distinctes, les études portant sur la résistance de ces solutions à diverses conditions du milieu n'ont fait l'objet que de documents techniques, mais n'ont pas encore été prises en compte dans le cadre de projets concrets de développement et d'interventions axées sur l'adaptation.

### ***Capacité d'entretien et de réparation***

Pour que s'intensifie l'adoption des technologies d'énergies renouvelables pour l'approvisionnement en eau, il convient de renforcer les capacités d'exploitation, d'entretien et de réparation de ces appareils. Comme il en est fait mention dans le rapport sur l'Afrique australe, les collectivités rurales comptent peu ou pas de personnes qualifiées pour assurer l'entretien et la réparation des systèmes et doivent, par conséquent, faire appel à des techniciens provenant de centres urbains éloignés, ce qui a pour effet de retarder l'entretien et d'augmenter les coûts (Prasad et coll., 2012). Pour remédier à ce problème, il est recommandé de renforcer les capacités technologiques au sein des collectivités afin que celles-ci puissent s'occuper elles-mêmes de l'entretien et des réparations, une solution proposée dans l'étude de cas menée sur les pompes à eau fonctionnant à l'énergie photovoltaïque dans la province de Maputo, au Mozambique. La création d'associations d'artisans et la formation de ces derniers dans le cadre du projet réalisé dans le district de Guro, au Mozambique, est un bon exemple d'initiative qui contribue, à l'échelle locale, à l'acquisition des compétences nécessaires pour assurer l'entretien et les réparations (UNICEF, 2010). Le rapport sur l'Afrique de l'Est insiste en outre sur le fait que les collectivités locales possèdent bien peu de compétences en matière de mise en place et d'entretien des technologies lorsqu'on les compare aux centres urbains. L'entretien des systèmes à petite échelle dispersés, comme les éoliennes de pompage, est particulièrement problématique; on recommande donc de regrouper ces technologies afin d'améliorer la prestation des services d'entretien. Dans le même ordre d'idées, les études de cas menées en Argentine font état de capacités insuffisantes autant chez les utilisateurs que chez les installateurs. La faible densité de population et la capacité limitée de payer contribuent du reste à aggraver le problème. Les chercheurs soulignent que les connaissances locales sur l'entretien des machines traditionnelles ont progressé et que le temps d'entretien des technologies d'énergies renouvelables est plus long que celui des machines traditionnelles. Ils ajoutent qu'à plus long terme, les systèmes autonomes de pompage alimentés à même des sources d'énergie renouvelable exigeront davantage de soutien technique et de renforcement des capacités des collectivités que les systèmes fonctionnant au diesel (Bravo et coll., 2011). Quant aux chauffe-eau à l'énergie solaire à Mexico, les activités visant à faire connaître les programmes de formation ont été essentielles à l'amélioration des taux de diffusion de ces technologies (King et coll., 2011).

### ***Aspects financiers***

Les obstacles financiers liés au coût initial élevé des technologies d'énergies renouvelables et le manque de subventions accordées aux utilisateurs pauvres en milieu rural, qui ont le plus besoin des technologies, persistent. Le prix des pompes à eau photovoltaïques et des éoliennes de pompage à petite échelle en Argentine varie de très bas à moyen. D'ailleurs, même si les pompes à eau photovoltaïques tendent à être particulièrement bon marché, les petits exploitants agricoles ne peuvent bien souvent pas se les permettre. Il faudrait qu'un établissement financier ou un bailleur de fonds s'intéresse à de tels projets (Bravo et coll., 2011). En Afrique de l'Est, le prix relativement bas des pompes à pédale explique en partie la propagation à plus grande échelle de ces appareils par rapport aux systèmes de pompage alimentés à même les sources d'énergie renouvelable. Les agriculteurs peuvent se procurer ces pompes en puisant à même leurs économies personnelles et leurs prestations de retraite. Les chercheurs mentionnent également que les particuliers font de plus en plus appel aux banques locales et aux institutions de microfinance. Le rapport sur l'Afrique de l'Est indique que grâce aux efforts de décentralisation déployés, notamment au Kenya, les gouvernements locaux peuvent contribuer au financement des technologies d'énergies renouvelables pour l'approvisionnement en eau. En Afrique australe, le financement public est limité aux projets d'approvisionnement en eau faisant appel aux technologies d'énergies renouvelables, et les bailleurs de fonds externes fournissent un soutien financier clé qui risque d'entraîner une certaine dépendance et de se révéler éphémère à long terme. Pour recouvrer les coûts, certains projets se sont dotés d'un système dans le cadre duquel la collectivité contribue financièrement à l'entretien (Prasad et coll., 2012).

### ***Participation de la collectivité***

Certaines équipes de recherche ont souligné que la participation de la collectivité est un autre facteur qui entre en ligne de compte lors de la mise en place des technologies. Par exemple, la recherche réalisée en Afrique australe révèle que les projets qui sont couronnés de succès sont ceux dont la conception est le fruit de la participation active de la collectivité et qui présentent un avantage économique manifeste pouvant découler d'investissements consentis à la mesure des moyens de la collectivité (Prasad et coll., 2012). Selon le rapport sur l'Afrique de l'Est, plusieurs projets de pompage alimenté à même des sources d'énergie renouvelable dans les pays en développement continuent d'échouer parce qu'on ne tient pas compte des besoins et des préférences des collectivités concernées. Pour ce qui est des technologies qui profitent à l'ensemble de la collectivité, comme les éoliennes de pompage, il convient de créer un groupe communautaire chargé d'assurer leur gestion conformément aux besoins de la collectivité (AFREPREN/FWD, 2012). Le rapport sur l'Argentine indique que l'exclusion des pauvres en milieu rural du processus décisionnel constitue l'un des principaux obstacles à l'utilisation des technologies d'énergies renouvelables pour l'approvisionnement en eau dans les régions arides et semi-arides (Bravo et coll., 2011).

### ***Aspects sociaux et culturels***

L'acceptation sociale et culturelle des technologies à l'étude revêt une grande importance. De plus, la diffusion de renseignements adéquats et la tenue d'activités de sensibilisation sur les avantages des

technologies sont des mesures qui contribuent largement à accroître le niveau d'acceptation des utilisateurs. L'étude de cas portant sur les chauffe-eau fonctionnant à l'énergie solaire à Mexico en est un bon exemple (Mallett, 2007). De façon générale, la population locale n'était pas d'accord avec les avantages du point de vue de l'environnement que supposait l'adoption de ces appareils et ne disposait pas de renseignements fiables suffisants à leur sujet. Elle se procurait des appareils moins dispendieux et de qualité inférieure, ce qui a eu pour effet d'ébruiter des rumeurs qui ont entaché la réputation des technologies sans même tenir compte de la qualité de leur assemblage. Outre les campagnes de sensibilisation du public qui ont mis l'accent sur le vaste éventail d'avantages associés aux technologies, la prise d'autres mesures mentionnées précédemment a contribué à accroître leur taux d'utilisation (King et coll., 2011). Quelques exemples provenant d'Afrique australe, comme le projet réalisé dans la province de Maputo, au Mozambique, illustrent dans quelle mesure le peu de sensibilisation et d'acceptation constitue un obstacle de taille à l'adoption des technologies (Action Group for Renewable Energies and Sustainable Development, 2007).

### ***Contexte institutionnel***

Les chercheurs qui se sont penchés sur les régions de l'Afrique de l'Est et de l'Afrique australe ont conclu, malgré quelques signes laissant entrevoir des changements, qu'il n'existe pas de soutien manifeste en matière de politiques favorisant la mise en place des technologies d'énergies renouvelables pour les services d'approvisionnement en eau (AFREPREN/FWD, 2012; Prasad et coll., 2012). Les politiques actuelles visent généralement les technologies énergétiques classiques à grande échelle. Les études de cas réalisées au Botswana, à Namibie et au Mozambique, en Afrique australe, citent en outre, au nombre des obstacles, l'aide insuffisante de l'État, le peu de soutien en matière de politiques ainsi que les capacités gouvernementales lacunaires. Elles insistent sur l'importance de la responsabilité qui incombe aux gouvernements locaux de faire preuve de leadership lors de la réalisation des projets. En Argentine, le cadre institutionnel pour la gestion de l'eau et l'approvisionnement en eau est marqué par une grande fragmentation et par une coordination défailante entre les institutions et les secteurs (Bravo et coll., 2011). Il doit composer avec le champ de compétence provinciale qu'est la gouvernance de l'eau, dont plusieurs acteurs provinciaux assument des responsabilités contradictoires au regard de questions relatives à l'eau. L'exemple des chauffe-eau fonctionnant à l'énergie solaire à Mexico montre comment le programme PROCALSOL crée des conditions favorables à la diffusion des technologies en offrant, entre autres choses, le soutien nécessaire en matière de politiques notamment par l'octroi de subventions servant à couvrir les coûts d'achat initiaux (King et coll., 2011).

### ***Autres facteurs***

Outre les facteurs cités précédemment, plusieurs autres sont mentionnés dans certains rapports. L'équipe de recherche d'Afrique de l'Est attire l'attention sur le rôle des femmes dans la diffusion des technologies à l'étude. Dans le cas des pompes à pédale, par exemple, près de 70 % de leurs utilisateurs sont des femmes (Karekezi et coll., 2005). Elle souligne également que la plupart du temps, ce sont les femmes qui tirent parti des technologies mises au point pour assurer les services d'approvisionnement en eau. Les chercheurs recommandent que la formation soit conçue à l'intention des femmes afin de permettre à celles-ci d'acquérir les compétences nécessaires qui leur permettront d'effectuer l'entretien des

technologies et de les réparer (AFREPREN/FWD, 2012). Un autre facteur qui est ressorti du rapport sur l'Afrique de l'Est est le coût de plus en plus élevé des combustibles fossiles et le coût décroissant des technologies d'énergies renouvelables pour l'approvisionnement en eau. D'ailleurs, ces deux tendances sont susceptibles d'avoir une incidence positive sur la promotion de ces dernières technologies. Le rapport sur l'Afrique australe souligne que le peu d'infrastructures essentielles, comme les routes et les réseaux de communication, constitue un obstacle de taille, notamment dans les régions éloignées (Prasad et coll., 2012).

En somme, les rapports font ressortir les possibilités qu'offre le recours aux technologies d'énergies renouvelables pour les services d'approvisionnement en eau au regard de l'adaptation aux changements climatiques, pour autant que l'on puisse assurer la qualité et la fiabilité des technologies et que l'on tienne bien compte de leurs limites techniques notamment en ce qui a trait à la rareté croissante de l'eau attribuable ou non aux changements climatiques. Ce facteur est particulièrement important, puisque l'efficacité des technologies d'énergies renouvelables, comme l'énergie éolienne, hydraulique et solaire, est habituellement vérifiée et évaluée en se fondant sur l'hypothèse que les conditions climatiques demeurent invariables et sans tenir compte des études hydrogéologiques et portant sur la disponibilité de l'eau qui sont réalisées à chacun des sites de mise en oeuvre.

Les technologies doivent être bon marché et adaptées aux conditions sociales et culturelles des utilisateurs. Il est indispensable de recourir à des mécanismes de financement abordables (au moyen du microcrédit, par ex.), en particulier pour les utilisateurs pauvres en milieu rural qui ont le plus besoin des technologies à l'étude. Toutefois, les mécanismes de financement conçus pour la forme sont susceptibles d'entraîner des conséquences non voulues. Ils peuvent, par exemple, augmenter la dette s'ils ne s'accompagnent pas de programmes de renforcement des capacités à l'intention des utilisateurs qui souhaitent générer des recettes à partir des nouveaux services. De plus, il est possible que les utilisateurs les voient comme des incitatifs visant à encourager l'utilisation accrue de l'eau – considérée comme un bien public – de façon non viable en accordant aux ménages un certain contrôle sur cette ressource. Enfin, en Afrique particulièrement, les institutions de microfinance jouent, bien souvent, le rôle de promoteur financier de la croissance économique qui revient habituellement aux banques. Cette façon de faire peut s'avérer favorable dans certains cas, puisque les populations pauvres bénéficient d'un meilleur accès aux mécanismes de financement. Toutefois, sur le plan de la promotion des technologies d'énergies renouvelables, elle a engendré une situation dans laquelle des activités financées ne se sont pas poursuivies au-delà de projets pilotes, de projets d'ONG ou de projets bénéficiant de l'appui de bailleurs de fonds.

Le recours aux technologies est en tous points tributaire du renforcement des capacités adéquates d'entretien et de réparation, de l'amélioration de l'infrastructure fondamentale dans les régions rurales, de la participation des membres de la collectivité aux projets et de la satisfaction des préférences et besoins locaux. Il est impératif de bénéficier d'un important soutien institutionnel visant à diffuser les technologies et faisant fond sur la coordination des politiques ainsi que sur la coordination entre les institutions et les secteurs. En plus de proposer des technologies particulières dont elle recommande la mise en oeuvre, une stratégie d'adaptation aux changements climatiques doit porter sur la diversification des sources

d'approvisionnement en eau, la multiplication des installations de stockage de l'eau et les mesures visant le rationnement de l'eau.

## ÉTABLISSEMENT DES PRIORITÉS DE RECHERCHE

Les équipes de recherche ont reformulé de façon plus détaillée dans leur rapport respectif (AFREPREN/FWD, 2012; Bravo et coll., 2011; King et coll., 2011; Prasad et coll., 2012) les questions de recherche énoncées dans la proposition initiale du CRDI en prenant soin d'établir la priorité d'un sous-ensemble de celles-ci pour chacune de leur région. On peut donc conclure que ces questions continuent de se poser et, comme souligné dans les rapports, qu'il est nécessaire de mener davantage de recherches fondamentales sur les liens entre les changements climatiques, l'énergie et l'eau dans les pays en développement en ce qui concerne ce qui suit.

- ***La modélisation et la planification appliquées aux liens entre l'eau et l'énergie.*** Compte tenu du peu de données sur les liens entre l'eau et l'énergie, il est essentiel de regrouper les données géologiques, géophysiques et hydrologiques fragmentées. Il convient en outre de perfectionner les connaissances des ressources hydriques souterraines et de leur utilisation et des besoins en eau. Du reste, il est recommandé de poursuivre, de façon systématique, l'élaboration et la mise en oeuvre de modèles servant à quantifier les flux d'énergie et d'eau ainsi que les empreintes hydriques et énergétiques en faisant des rapprochements entre les activités économiques humaines et les transferts qui se produisent au sein des écosystèmes et entre eux, notamment au chapitre de l'agriculture, et en examinant la façon dont ces transferts sont susceptibles de changer sous l'effet de conditions climatiques variables. L'utilisation généralisée de ces modèles passe par le déploiement d'efforts de renforcement de la capacité institutionnelle à l'échelle nationale. Pour effectuer l'analyse des systèmes énergétiques, on a recours à certains outils communs, comme les modèles MESSAGE, MARKAL et LEAP. Le Système d'évaluation et de planification de l'eau (WEAP) est le modèle couramment employé aux fins de la planification des systèmes d'alimentation en eau, alors que le Global Policy Dialogue Model (PODIUM) est le modèle reconnu pour la planification des pénuries d'eau et de la sécurité alimentaire. Cependant, ces deux modèles et plusieurs autres ne comportent pas les éléments de données et les outils méthodologiques permettant de réaliser une évaluation intégrée des politiques, particulièrement si ces éléments de données et outils sont nécessaires dans le contexte politique d'un pays en développement. En général, ces modèles sont axés sur une ressource et ne tiennent pas compte de ses relations avec d'autres ressources; ils ont une représentation spatiale très simplifiée; ils n'aident pas à prendre des décisions à court terme; et ils proposent des scénarios qui ne sont pas pratiques à long terme. Enfin, il n'est pas possible d'en modifier les paramètres pour étudier les effets des changements climatiques sur l'efficacité des technologies d'énergies renouvelables pour les services d'approvisionnement en eau.
- ***L'élaboration d'un cadre d'analyse des nombreuses études de cas distinctes.*** Comme nous l'avons mentionné précédemment, la documentation sur les projets d'énergies renouvelables pour

les services d'approvisionnement en eau demeure incomplète et limitée. Il est donc recommandé de mettre au point un cadre analytique réunissant les connaissances fragmentées à ce sujet qui comportera l'analyse et la hiérarchisation des facteurs qui limitent ou soutiennent les types d'énergie renouvelable visant à assurer les services d'approvisionnement en eau dans les régions qui sont soumises à des contraintes climatiques. Il est en outre important d'examiner dans quelle mesure ces types d'énergie favorisent le développement inclusif et réduisent la vulnérabilité. Les facteurs à examiner de près sont, entre autres, la volonté de payer pour les services d'approvisionnement en eau et d'assainissement, le rôle des facteurs sociaux et culturels, l'économie de l'intégration des énergies renouvelables aux services d'approvisionnement en eau, la complexité technique et le rôle du microfinancement. La façon d'étendre les projets portant sur ce thème et d'en assurer la viabilité demeure une question à approfondir ainsi qu'une importante piste de recherche future.

- ***La relation entre l'atténuation et l'adaptation en vue d'assurer le développement durable.*** La question du juste équilibre entre l'atténuation et l'adaptation dans le contexte du développement durable, en particulier lorsque l'utilisation des ressources naturelles et l'utilisation des ressources environnementales se font concurrence ou que ces utilisations supposent des changements comportementaux et des décisions socioéconomiques inconciliables, continue de se poser. Les programmes de lutte contre la pauvreté énergétique s'intéressent rarement aux questions d'adaptation aux changements climatiques, car leurs actions ne ciblent que les politiques énergétiques. Les programmes d'accès à l'eau amélioré ne ciblant que les politiques en matière d'eau présentent une situation semblable. Dans le cadre d'interventions d'adaptation, les technologies énergétiques sont vues comme étant des outils statiques ne faisant pas partie du processus d'adaptation en tant que tel. Des recherches plus poussées s'imposent afin d'examiner les effets de l'accès amélioré à l'énergie sur l'utilisation durable de l'eau et de les gérer, ainsi que les répercussions de la disponibilité incertaine de l'eau sur la production d'énergie.
- ***L'harmonisation des politiques en matière d'eau et de celles en matière d'énergie.*** Il convient d'entreprendre de nouveaux travaux de recherche sur les moyens novateurs de conjuguer et de mettre en oeuvre simultanément des politiques en matière d'eau et d'autres en matière d'énergie visant à réduire la vulnérabilité à diverses conditions climatiques, de mettre efficacement en place des cadres et dispositions réglementaires, d'instaurer une coordination efficace entre les institutions compétentes qui fonctionnent à l'heure actuelle en vase clos et de créer des processus d'établissement de budget, de mise en oeuvre et d'évaluation en ce qui concerne l'eau, l'énergie et les changements climatiques. Il importe de dégager les conflits possibles et actuels entre les politiques et règlements en matière d'eau et les politiques et règlements en matière d'énergie, et de déterminer comment les atténuer.
- ***L'empreinte hydrique et l'empreinte énergétique.*** Presque tous les ouvrages abondent dans le même sens : le système de production alimentaire mondiale laisse des empreintes écologiques considérables et cette situation est susceptible de devenir plus préoccupante dans la mesure où l'on prévoit que la population mondiale doublera d'ici 2050. Il faut consentir des investissements

dès maintenant afin de modérer les répercussions néfastes de la production alimentaire sur l'environnement. En effet, les investissements visant à accroître la production d'eau et à améliorer l'efficacité énergétique aux fins de la production végétale sont deux voies à privilégier pour réduire l'empreinte écologique. Toutefois, les initiatives qui favorisent la diffusion des énergies renouvelables parviennent rarement à effectuer un suivi de la mesure dans laquelle l'accès amélioré aux ressources énergétiques permet de répartir autrement les ressources en eau et entraîne des répercussions sur les habitudes d'utilisation de l'eau, pas plus qu'elles n'arrivent à mettre sur pied des interventions visant à encourager l'économie des ressources en eau et le maintien des écoservices, qui constitueraient un complément à l'accès aux ressources énergétiques. Elles risquent donc de reproduire chez les particuliers et au sein des collectivités le manque d'harmonisation constaté sur le plan des politiques, puisque les personnes bénéficiant d'un accès local amélioré à l'eau par le truchement de systèmes énergétiques décentralisés font souvent fi des recommandations en matière d'économie et de gestion des ressources en eau, ayant pour effet que leurs activités économiques et de production alimentaire laissent une empreinte hydrique plus importante. Dans ce contexte, il est encore impossible de déterminer clairement si plusieurs projets – fructueux – axés sur la réduction de la pauvreté énergétique sont susceptibles d'offrir, à long terme, de bonnes ou de mauvaises solutions d'adaptation principalement à cause de l'empreinte hydrique plus grande attribuable à l'adoption répandue des technologies.

Il ressort des études le besoin de mener des actions en parallèle selon différentes échelles temporelles imbriquées, y compris sur une échelle de temps plus longue qui révélera comment l'apprentissage des stratégies d'adaptation et de réduction de la pauvreté progresse en harmonie et comment les comportements individuels et collectifs changent. Une telle approche permettrait de revoir périodiquement les choix qui ont été faits et de rectifier le tir, s'il y a lieu, sans partir de l'hypothèse que l'accès amélioré aux ressources énergétiques – même lorsqu'elles sont renouvelables – constitue en soi une stratégie d'adaptation générale. D'un point de vue global, il est recommandé d'effectuer de la recherche primaire et secondaire, qui est soit interdisciplinaire soit multidisciplinaire, et qui est axée sur des problèmes déterminés afin de saisir la complexité des questions touchant le domaine à l'étude. Pour que la recherche soit efficace, il est impératif de combler le fossé linguistique entre les chercheurs et les responsables des politiques et d'instaurer de meilleures communications entre eux. Il est possible d'y parvenir en établissant des centres d'excellence sur le transfert de connaissances dans les pays qui sont soumis à des contraintes et en favorisant la communication, aux échelons des bailleurs de fonds et des gouvernements, entre les initiatives d'envergure distinctes sur l'accès amélioré aux ressources énergétiques et aux ressources hydriques et sur l'adaptation.

## **RÉPERCUSSIONS SUR LE PLAN DES POLITIQUES<sup>2</sup>**

Plusieurs pays mettent en place des mesures visant à réduire la vulnérabilité aux changements climatiques, à favoriser l'accès aux ressources énergétiques ainsi que l'utilisation d'énergies renouvelables et à améliorer les services d'approvisionnement en eau. Dans les pays les moins développés, les

---

<sup>2</sup> D'après AFREPREN/FWD, 2012; Bravo et coll., 2011; King et coll., 2011; Prasad et coll., 2012.

documents de stratégie sur la réduction de la pauvreté abordent les questions de l'énergie et de l'eau, malgré qu'en général, ces documents ne sont pas préparés par les personnes qui élaborent les stratégies d'adaptation, comme les programmes d'action nationaux d'adaptation ou les plans d'adaptation nationaux.

Tous les rapports soulignent que les politiques en matière d'eau et d'énergie sont trop rarement formulées de façon à favoriser l'intégration et que leur champ d'application est souvent inadéquat. Les structures institutionnelles qui sont en place à l'heure actuelle dans bon nombre de pays en développement sont définies d'une façon qui complique au plus haut point toutes les activités nécessaires de coordination, d'intégration et de communication horizontale. En Argentine, par exemple, le cadre institutionnel de gestion de l'eau et d'approvisionnement en eau fait intervenir de nombreux acteurs dont les responsabilités et fonctions se chevauchent ou sont mal définies, ce qui donne lieu à des conflits entre les différents territoires de compétences ainsi qu'entre les utilisateurs aux positions antagoniques (par. ex., irrigation et production hydroélectrique). Les chercheurs font remarquer qu'il n'existe toujours pas de mécanismes visant à atténuer ces désaccords. En Afrique du Sud, l'analyse de la planification nationale révèle l'absence de mesures d'intégration des activités de planification des ressources hydriques et énergétiques par tous les ordres de gouvernement. Dans le cas de l'Afrique de l'Est, les chercheurs qualifient l'architecture des politiques dans les pays à l'étude de cloisonnement étanche en raison du peu de coordination et des communications limitées entre les ministères chargés des ressources hydriques et ceux dont relèvent les ressources énergétiques.

Il importe de tenir compte des aspects critiques suivants au moment de formuler des politiques en matière d'eau et d'énergie, particulièrement au regard de l'agriculture.

- Le financement des coûts de l'énergie nécessaire en vue d'assurer l'approvisionnement en eau est une stratégie qui, dans bien des cas, peut se retourner contre le gouvernement, puisque peu d'incitatifs encouragent les agriculteurs à limiter le pompage. Les nouvelles politiques doivent être accompagnées d'activités de sensibilisation visant à faire connaître leurs incidences possibles et doivent toucher à tous les aspects se rapportant à l'utilisation des ressources hydriques et énergétiques : plutôt que d'être autorisés à consommer plus d'énergie, les agriculteurs doivent pouvoir utiliser moins d'eau pour produire des résultats équivalents ou meilleurs. Il suffit, pour y parvenir, de diminuer la dépendance aux ressources en eau souterraine aux fins de l'irrigation grâce à une meilleure diffusion et utilisation des renseignements météorologiques ainsi qu'à des politiques qui favorisent le recours à des techniques agricoles efficaces. Il est en outre possible d'améliorer certaines de ces techniques (irrigation adaptée au climat, agriculture de conservation, surveillance de la protection des végétaux, surveillance de l'humidité du sol et des niveaux d'éléments nutritifs) en utilisant des systèmes énergétiques décentralisés à très petite échelle pour lesquels les subventions peuvent s'avérer essentielles, plutôt que d'être octroyées aux fins de simples activités de pompage.
- Le financement des technologies d'énergies renouvelables décentralisées servant au pompage peut avoir des retombées sur l'empreinte hydrique qui sont semblables à celles observées lors de l'octroi des subventions aux fins de l'utilisation d'électricité. Il pourrait même soutenir, en principe, une déréglementation totale de la consommation d'eau. D'un autre côté, les politiques adoptées simultanément à la diffusion des technologies afin de favoriser la prise de mesures visant l'utilisation

efficace et l'économie des ressources en eau pourraient susciter, au sein des collectivités, un sentiment d'appartenance faisant en sorte qu'elles réglementent de façon autonome l'utilisation des ressources.

- Les politiques doivent être élaborées dans un souci d'équité sociale. Cette observation qui peut paraître banale de prime abord est d'autant plus pertinente, puisque les liens entre la tarification de l'électricité, les empreintes énergétique et hydrique (sur les nappes phréatiques) et l'équité sociale sont complexes et largement débattus. D'une part, les tarifs d'électricité fixés au prorata et comportant un coût marginal positif intégré lié au pompage sont susceptibles de réduire l'empreinte écologique en favorisant l'utilisation efficace de l'eau souterraine. D'autre part, les niveaux tarifaires ayant pour but d'influer sur la demande pourraient réduire l'avantage collectif net sous l'effet d'une diminution de la demande d'électricité et d'eau souterraine, d'excédents nets inférieurs provenant des récoltes de petits exploitants agricoles, et d'une tendance à la hausse des prix des aliments ayant des répercussions sur les moyens de subsistance et la sécurité alimentaire de millions de personnes.
- La promotion des technologies d'énergies renouvelables décentralisées ne doit pas être vue comme une stratégie en soi. Il convient plutôt de la conjuguer à des plans qui favorisent l'utilisation plus efficace des ressources hydriques et la réduction de l'empreinte hydrique attribuable à la production alimentaire.

En ce qui concerne tout ce qui précède, les rapports insistent sur le fait que les gouvernements se doivent de mieux saisir les questions se rapportant aux liens entre les changements climatiques, l'énergie et l'eau et que la recherche jouera un rôle important à cet égard. La volonté politique et une structure habilitante seront nécessaires pour élaborer les politiques et stratégies exigées, garantir la participation des institutions et assurer l'effort commun essentiel pour concevoir, mettre en oeuvre et offrir un suivi à long terme des stratégies et règlements adéquats. Il sera en outre utile d'examiner en profondeur les rôles et responsabilités qui incomberont aux différents acteurs chargés de soutenir les interventions pertinentes. Il importe, du reste, d'explorer les types de partenariats qui s'inscrivent dans le domaine énergie-eau-changements climatiques, et de déterminer lesquels semblent les plus efficaces à favoriser l'élaboration et la mise en oeuvre de politiques et pourquoi. Enfin, peu de recherches ont été menées sur l'intégration de programmes d'envergure portant sur la réduction de la pauvreté et de mesures d'adaptation et sur la façon dont les résultats de la recherche sur l'adaptation peuvent éclairer le choix de tels programmes et d'investissements connexes.

## CONCLUSIONS

Dans le contexte de la rareté croissante de l'eau, du peu d'accès à l'énergie propre et de la vulnérabilité aux changements climatiques – des phénomènes courants dans les pays en développement – les rapports d'examen approfondi et les études de cas préparés par les équipes de recherche interdisciplinaires d'Amérique latine, d'Afrique australe et d'Afrique de l'Est fournissent des renseignements importants. Ceux-ci serviront de base pour faire progresser la recherche en vue d'exercer une influence sur les politiques applicables au champ de recherche émergent que constituent les liens entre les changements climatiques, l'énergie et l'eau dans les pays en développement : 1) en évaluant les

possibilités, les répercussions et les défis associés à l'utilisation des technologies d'énergies renouvelables décentralisées pour les services d'approvisionnement en eau afin d'aider les collectivités à s'adapter à la variabilité du climat et aux changements climatiques; 2) en saisissant le rôle que joue le milieu de la politique et de la réglementation pour faire connaître ces solutions; 3) en déterminant les thèmes et les grandes questions devant faire l'objet de recherches futures; 4) en examinant les incidences sur le plan des politiques.

Des recherches plus poussées s'imposent afin de mieux comprendre les facteurs qui influent sur la diffusion des technologies d'énergies renouvelables décentralisées pour les services d'approvisionnement en eau au regard des changements climatiques ainsi que les rapports entre ces facteurs. Il convient également de déployer de nouveaux efforts afin d'évaluer les répercussions de ces solutions sur les collectivités, en particulier sur le plan du renforcement de la résilience et de la capacité d'adaptation des collectivités à la variabilité du climat et aux changements climatiques. Il faudra, du reste, perfectionner les méthodologies lors de l'élaboration de cadres analytiques communs et de la création d'assises conceptuelles. Enfin, la recherche devra se pencher sur le rôle d'acteurs et de partenariats particuliers chargés de favoriser les changements de fond dans ce domaine. Il est recommandé d'effectuer de la recherche longitudinale, interdisciplinaire et multidisciplinaire, et axée sur des problèmes déterminés touchant ce champ de recherche.

## ANNEXE 1

### Liste des experts consultés par l'Energy Research Centre de l'Université du Cap au cours de la préparation du rapport.

Arthur, Fatima	Electricidade De Mocambique E.P., Mozambique
Cuamba, Boaventura	Energy Physics Group, Université Eduardo Mondlane, Mozambique
Hughes, Alison	Energy Research Centre, Université du Cap, Afrique du Sud
Ngceba, Thembelani	Surintendant des ressources hydriques, municipalité d'Elundini, Le Cap-Oriental, Afrique du Sud
Gashi, Khaya	Directeur municipal, municipalité d'Elundini, Le Cap-Oriental, Afrique du Sud
Ginster, Martin	SASOL, Afrique du Sud
Klintonberg, Patrik	Desert Research Foundation, Windhoek, Namibie
Letete, Thapelo	Energy Research Centre, Université du Cap, Afrique du Sud
Moseki, Chris	Water Research Commission, Afrique du Sud
Paulo, Julieta Felicidade	Rural Water Department, Mozambique
Reinecke, Josh	Étudiant de maîtrise, Energy Research Centre, Université du Cap, Afrique du Sud
Rozani, Luyanda	Surintendant des services électriques, municipalité d'Elundini, Le Cap-Oriental, Afrique du Sud
Schulze, Roland	Université du Kwazoulou-Natal, campus de Pietermanritzburg, Afrique du Sud
Schultz, Robert	Coordonnateur du Tsumkwe Energy Project, Desert Research Foundation, Namibie
Scott, Kirsten	Environmental Evaluation Unit, Université du Cap, Afrique du Sud
Sparks, Debbie	Energy Research Centre, Université du Cap, Afrique du Sud
Stewart, Theo	Department of Statistics, Université du Cap, Afrique du Sud
Swatuk, Larry	School of Environment Enterprise and Development, Université de Waterloo
Trollip, Hilton	Ville du Cap, Afrique du Sud
van der Merwe, Steyn	Ancien directeur du Nelson Mandela Bay Municipal Renewable Energy Project
Ward, Sarah	Ville du Cap, Afrique du Sud
Winkler, Harald	Energy Research Centre, Université du Cap, Afrique du Sud

## BIBLIOGRAPHIE

Action Group for Renewable Energies and Sustainable Development (2007). *Clean Energy and Water Project in Mozambique. Business Plan*. Cité dans Prasad, G., Boulle, M., Boyd, A., Rahlao, S., Wlokas, H. et Yaholnitsky, I. (2012). *Energy, water and climate change in Southern Africa: What are the issues that need further investment and research?*, Afrique du Sud, Energy Research Centre, Université du Cap. Rapport préparé dans le cadre du projet n° 106298 du CRDI, Eau et énergie propres – évaluation des services relatifs à l'adaptation aux changements climatiques.

AFREPREN/FWD (2012). *Clean energy and water: An assessment for services for adaptation to climate change; final assessment report*, Nairobi, AFREPREN/FWD. Rapport préparé dans le cadre du projet n° 106298 du CRDI, Eau et énergie propres – évaluation des services relatifs à l'adaptation aux changements climatiques.

Bohannon, J. (2010). "The Nile Delta's Sinking Future", *Science*, 327(5972), 1444-1447.

Bravo, G., Girardin, O., Gortari, S., Lallana, F. et Nadal, G. (2011). *Clean Energy and Water: an Assessment of Services for Adaptation to Climate Change – Final Report*, Argentine, Fundación Bariloche. Rapport préparé dans le cadre du projet n° 106298 du CRDI, Eau et énergie propres – évaluation des services relatifs à l'adaptation aux changements climatiques.

Bureau de la coordination des affaires humanitaires (BCAH) (2011). Eastern Africa Drought Humanitarian Report No. 3. En ligne :  
<http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/OCHA%20Eastern%20Africa%20Humanitarian%20Report%20No.%203%20-%20Drought%20May%202011%20FINAL.pdf> [consulté le 5 juin 2012].

Conseil mondial de l'énergie (2010). *Water for Energy*. Londres, Royaume-Uni, CME.

Karekezi S., Kimani J., Wambille, A., Balla, P., Magessa, F., Kithyoma, W. et Ochieng, X. (2005). *The Potential Contribution of Non Electrical Renewable Energy Technologies (RETS) to Poverty Reduction in East Africa*, Nairobi, Kenya, AFREPREN/FWD. Cité dans AFREPREN/FWD (2012). *Clean energy and water: An assessment for services for adaptation to climate change; final assessment report*, AFREPREN/FWD. Rapport préparé dans le cadre du projet n° 106298 du CRDI, Eau et énergie propres – évaluation des services relatifs à l'adaptation aux changements climatiques.

King, C.W., Twomey, K. M., Stillwell, A. S. et Webber, M. E. (2011). *Clean energy and water: assessment of Mexico for improved water services with renewable energy*, États-Unis, Université du Texas à Austin. Rapport préparé dans le cadre du projet n° 106298 du CRDI, Eau et énergie propres – évaluation des services relatifs à l'adaptation aux changements climatiques.

Mallett, A. (2007). "Social acceptance of renewable energy innovations: The role of technology cooperation in urban Mexico", *Energy Policy*, 35, 2790-2798. Cité dans King, C.W., Twomey, K. M., Stillwell, A. S. et Webber, M. E. (2011). *Clean energy and water: assessment of Mexico for improved water services with renewable energy*, États-Unis, Université du Texas à Austin. Rapport préparé dans le cadre du projet

n° 106298 du CRDI, Eau et énergie propres – évaluation des services relatifs à l’adaptation aux changements climatiques.

Mulitza, S., Heslop, D., Pittauerova, D., Fischer, H. W., Meyer, I., Stuu, J. B., Zabel, M., Mollenhauer, G., Collins, J. A., Kuhnert, H. et Schulz, M. (2010). “Increase in African dust flux at the onset of commercial agriculture in the Sahel region”, *Nature*, 466, 226-228.

Nadal, G. et Bravo G. (2010). “Bioenergy for rural development and poverty alleviation”, Fundación Bariloche/GNESD.

Olsson, G. (2011) “Water and Energy Nexus”, dans *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*, New York, Springer.

O’Reilly, C. M., Alin S. R., Plisnier, P. -D., Cohen, A S. et McKee, B. A. (2003). “Climate change decreases aquatic ecosystem productivity of Lake Tanganyka, Africa”, *Nature*, 424, 766-768.

Painuly, J P. (2001). “Barriers to renewable energy penetration: A framework for analysis”, *Renewable Energy*, 24(1), 73-89.

PNUD/OMS (2009). *The Energy Access Situation in Developing countries*, PNUD, New York et OMS, Genève.

Practical Action (2012). Rapport *Poor people’s energy outlook 2012*, Royaume-Uni, Rugby, Practical Action Publishing.

Prasad, G., Boule, M., Boyd, A., Rahlao, S., Wlokas, H. et Yaholnitsky, I. (2012). *Energy, water and climate change in Southern Africa: What are the issues that need further investment and research?*, Afrique du Sud, Energy Research Centre, Université du Cap. Rapport préparé dans le cadre du projet n° 106298 du CRDI, Eau et énergie propres – évaluation des services relatifs à l’adaptation aux changements climatiques.

Scott, C. A., Pierce, S. A., Pasqualetti, M. J., Jones, A.L. Burrell, Montz, E. et Hoover, J. H. (2011). “Policy and institutional dimensions of the water-energy nexus”, *Energy Policy*, 39(10), 6622-6630.

Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R. A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes, D., Yu., T. -H. (2008). “Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change”, *Science*, 319(5867), 1238-1240.

Siddiqi, A. et Anadon, L. D. (2011). “The water–energy nexus in Middle East and North Africa”, *Energy Policy*, 39(8), 4529-4540.

Verburg, P., Hecky, R. E. et Kling, H. (2003). “Ecological Consequences of a Century of Warming in Lake Tanganyka”, *Science*, 301(5632), 505-507.

Voinov, A. et Cardwell, H. (2009). “The Energy-Water Nexus: why should we care?”, *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 143(1), 17-29.

UNICEF (2010). *Sustainability of water supply infrastructures: A good practice from Guro district in central Mozambique*. En ligne : [http://www.unicef.org/mozambique/Good\\_Practice -  
\\_Sustainability\\_of\\_Rural\\_WASH\\_Infrastructures %28WASH%29 %2820\\_02\\_20110%29.FINAL\\_AH.pdf](http://www.unicef.org/mozambique/Good_Practice_-_Sustainability_of_Rural_WASH_Infrastructures_%28WASH%29_%2820_02_20110%29.FINAL_AH.pdf)  
[consulté le 5 juin 2012].