Serie Energie Renouvelable

PN-AAU-505

ISN 43816

ACTIVITES RELATIVES A L'ENERGIE EOLIENNE EN AFRIQUE

de Alan Wyatt et Sam Baldwin

Wind energy activities in Africa

English: PN-AAT-102

001257
000184
3

Volunteers in Technical Assistance
1815 North Lynn Street
Suite 200
Arlington, Virginia 22209
Etats-Unis

9365701

Février 1982

DAN-5701-A-00-0327-00

AVANT-PROPOS

Les auteurs du présent rapport se sont inspirés de tout un éventail de sources pour effectuer le relevé des données afférentes à l'énergie hydraulique et éolienne dans les différents pays étudiés. Dans certains cas, une foule de renseignements étaient disponibles, dans d'autres, très peu. Néanmoins, dans la plupart des exemples, il s'agit d'établir le lien entre différentes fractions d'information dont l'exactitude est incertaine.

Les données sur l'énergie éolienne présentées dans les sections relatives aux différents pays proviennent d'informations tirées de rapports d'études ou recueillies auprès des services météorologiques. Ces documents sont généralement rédigées dans les pays respectifs. Il est fréquemment impossible d'identifier le type de matériel anémométrique utilisé, l'exposition de l'anémomètre, la méthode de compilation des données ou la période d'observation. Il n'est donc pas permis de déterminer le degré de représentativité de ces données de surface. Elles négligent parfois un potentiel éolien qui existe ou font rapport d'une source énergétique inexistante. Dans certains cas, différents séries de données ne concordent pas. Par conséquent, il convient de considérer toutes ces informations comme étant préliminaires. Un complément d'évaluation sur l'énergie éolienne s'impose dans tous les pays. Toutefois, le présent rapport récapitule les efforts entrepris en vue d'indiquer au lecteur l'ampleur des travaux effectués. Ce n'est qu'un commencement, essentiel néanmoins à une évaluation complète.

La carte relative à l'énergie éolienne présente une deuxième catégorie d'informations. Les auteurs souhaitent remercier Dennis Elliott de Battelle Pacific Northwest Laboratories de Richland (état de Washington), Etats-Unis, qui leur ont aimablement fourni cette carte. Elle est tirée d'un document intitulé: "World-Wide Wind Resource Assessment."[1] Cette carte est l'aboutissement d'une analyse sur des données de surface et de la couche atmosphérique supérieure effectuée par un groupe d'experts venant de tous les horizons professionnels. On considère qu'elle représente une étape importante dans l'évaluation du potentiel éolien en Afrique. Il est intéressant de noter que dans certains cas les indications portées sur la carte se différencient nettement des évaluations concernant les données de surface figurant antérieurement dans le rapport. Des travaux additionnels s'imposent pour améliorer la base de données sur l'énergie éolienne en Afrique. Toute tentative visant à employer cette énergie sur le continent devrait être s'accompagnée d'une évaluation sur le terrain des vents, des options technologiques ainsi que des implications économiques d'une telle utilisation.

---

[1]"World-Wide Wind Resource Assessment," N.J. Cherry, D.L. Elliott et C.I. Aspliden. Proceedings of the Fifth Biennial Wind Energy Conference and Workshop. Washington, D.C. Peut être obtenu en écrivant au National Technical Information Service, Springfield, Virginia 22161.

VITA prévoit d'actualiser la présente étude sur les activités relatives à l'énergie éolienne en Afrique, de façon périodique et accepterait volontiers d'incorporer toute correction ou mise à jour dans la prochaine édition. Dans l'hypothèse où vous souhaiteriez figurer sur la liste des correspondants qui recevront un exemplaire de l'étude mise à jour, veuillez vous mettre directement en rapport avec Alan Wyatt ou Sam Baldwin, au siège de VITA.

TABLE DES MATIERES

	Page
Le vent: une source énergétique nouvelle et ancienne à la fois	1
L'énergie éolienne en Afrique aujourd'hui	3
Recommendations	7
Répertoire des activités liées à l'énergie éolienne dans certains pays africains	
- Afrique du Sud	9
- Botswana	10
- Cap-Vert	11
- Egypte	13
- Ethiopie	14
- Gambie	15
- Guinée	16
- Haute-Volta	17
- Kenya	17
- Lesotho	20
- Mali	21
- Mauritanie	22
- Sénégal	23
- Somalie	24
- Soudan	25
- Tanzanie	27
- Tunisie	30
- Zambie	31
- Zimbabwe	32
Notes	
- Djibouti	34
- Guinée-Bissau	34
- Malawi	34
- Maroc	34
- Nigéria	34
- Seychelles	34
- Zaire	34
Liste des organisations à contacter	35
Bibliographie	53

LE VENT: UNE SOURCE ENERGETIQUE NOUVELLE ET ANCIENNE A LA FOIS

La situation énergétique en Afrique a atteint un stade critique. Les prix du gas-oil, du kérosène et de l'essence qui montent en flèche exercent une lourde ponction sur les revenus tant des familles que des entreprises en Afrique. Et les coûts sur le plan du développement des ressources humaines, agricoles et industrielles se font plus lourds chaque jour. La sécheresse et le surpâturage ont fortement réduit l'eau et le bois de chauffe, deux des biens les plus précieux.

Confrontés à ce renchérissement des coûts et à la raréfaction des ressources, nombre sont les gouvernements africains, les entreprises et les particuliers qui se tournent vers les sources d'énergies renouvelables comme moyens de pallier à une crise qui s'aggrave. Le recours à ces sources énergétiques peut fournir une solution locale afin de résourdre un problème énergétique difficile, d'alléger la charge de travail d'une population déjà fort éprouvée et d'améliorer la santé et le niveau de vie du peuple africain.

L'énergie éolienne a joué un rôle important dans le développement des Pays-Bas, de l'Australie, de l'Afrique du Sud, de la Grande-Bretagne et des Etats-Unis. Des centaines de milliers de moulins à vent ont fourni dans le passé l'énergie nécessaire à la consommation humaine et animale ainsi qu'à l'irrigation. Au dix-neuvième siècle, les moulins à vent représentait une technologie fiable, bien maîtrisé. Mais avec l'avènement des combustibles fossiles bon marché, l'utilisation des moulins à vent déclina. Aujourd'hui, à mesure que les prix des combustibles classiques augmentent, on constate un regain d'intérêt pour le moulin à vent. En Afrique, l'énergie éolienne représente un potentiel d'énergie mécanique pour le pompage de l'eau et, dans une moindre mesure, pour la mouture du grain. Des turbines électriques actionnées par le vent pourraient permettre d'alimenter des établissements tels que écoles, cliniques et petites entreprises.

L'énergie éolienne n'est pas un fait nouveau en Afrique. Bon nombre de moulins à vent ont été utilisés pour pomper l'eau dans diverses régions dans le passé. Certains ont bien fonctionné mais un grand nombre d'autres sont maintenant hors service, principalement à cause d'un manque d'entretien ou de pièces détachées. Dans beaucoup de régions, les vents sont trop faibles pour qu'un moulin soit économiquement rentable pour le pompage de l'eau. Même s'ils s'avèrent économiques à long terme, les moulins à vent n'ont pas représenté une technologie abordable pour la plupart des agriculteurs et des ménages africains en raison de leur coût initial élevé. Plusieurs tentatives ont été faites en vue de démarrer la production à petite échelle de moulins de prix modique, adaptés aux conditions africaines mais les résultats restent mitigés. Depuis plusieurs années, l'Afrique du Sud et le Cap Vert maintiennent un bon niveau de production. Des efforts récents ont été entrepris au Kenya et en Tanzanie sur une petite échelle. Il reste encore fort à faire pour promouvoir la production locale, mesurer et analyser les données anémométriques, former la population locale en vue de construire, installer et assurer l'entretien des éoliennes.

Le présent rapport offre une vue d'ensemble sur les activités passées et présentes relatives à l'énergie éolienne en Afrique. En premier lieu, ce document dégage certaines tendances générales actuelles. En second lieu, certaines suggestions sont avancées concernant la participation possible des entreprises privées, des administrations donatrices et des gouvernements africains en vue de promouvoir le développement de l'énergie éolienne dans le contexte africain. Pour finir, on trouvera une description concise par pays des données anémométriques, des ressources en eau, des utilisations passées et présentes de l'énergie éolienne ainsi que des activités liées à la recherche et au développement. En annexe figure une liste d'organisations et de personnes à contacter dans chaque pays, afin que le lecteur puisse obtenir directement les informations additionnelles qu'il souhaiterait.

L'ENERGIE EOLIENNE EN AFRIQUE AUJOURD'HUI

Comme on pourra le constater dans les sections suivantes, les données relatives aux ressources éolienne et hydraulique, les moyens des institutions, les besoins énergétiques et les niveaux de développement varient grandement d'un pays africain à l'autre. Toutefois, cette enquête préliminaire peut permettre certaines généralisations prudentes.

Ressources éoliennes

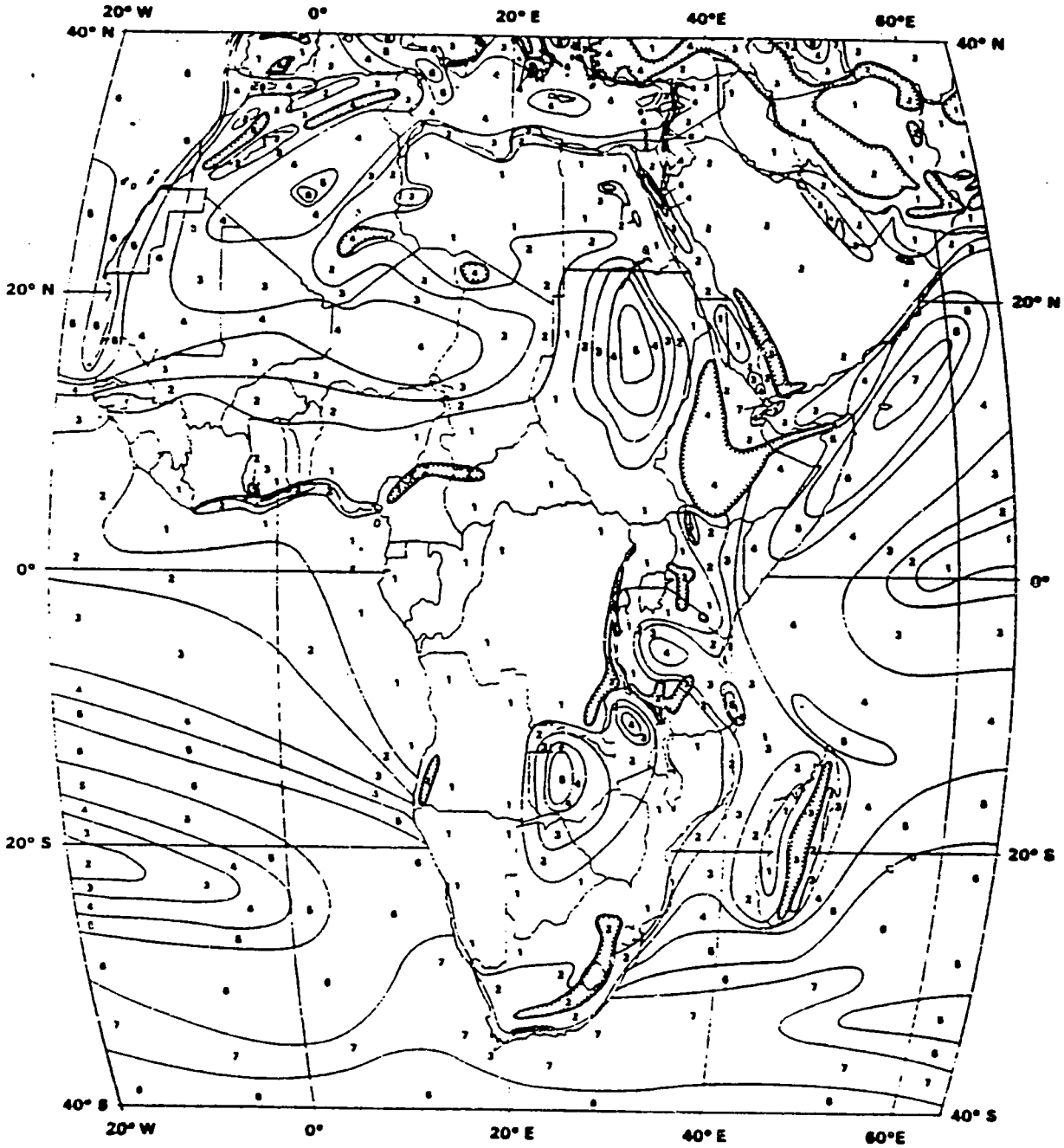
Les ressources éoliennes en Afrique n'ont pas été quantifiées de façon rigoureuse. De grandes régions ne disposent d'aucun système de mesure anémométrique. Le dispositif le plus courant que l'on trouve en Afrique, l'anémomètre à coupelles ne peut donner que des indications approximatives du potentiel énergétique éolien étant donné qu'il n'enregistre que la vitesse moyenne du vent qui peut être difficile de corréler à l'énergie potentiellement disponible. Il reste que plusieurs régions recèlent d'après les études un bon potentiel énergétique, notamment les régions côtières du Sénégal et de la Mauritanie, les îles avoisinantes, la partie septentrionale du Sahel en Afrique de l'Ouest, la vallée du Rift et la région des Lacs ainsi que les zones côtières de l'Afrique de l'Est et certaines provinces en Afrique du Sud. D'autres régions pourraient offrir un potentiel éolien, mais elles n'ont pas encore été adéquatement étudiées. L'intérieur du continent ne dispose que de vents relativement faibles. (Voir figure 1.)

Moulins à vent importés

Au cours des cinquante dernières années, un certain nombre d'efforts ont été déployés pour utiliser des moulins à vent équipés d'hélices à pales multiples importés d'Australie, des Etats-Unis et de la Grande-Bretagne. Exception faite de l'Afrique du Sud, aucun programme d'envergure n'a été lancé pour introduire ces moulins. Les efforts dispersés entrepris n'ont souvent pas abouti en raison des défaillances causées par la poussière, le sable, l'eau salée, un mauvais approvisionnement en pièces détachées et des travaux de maintenance inadéquats.

La cause première de ces échecs a été le coût initial élevé des moulins à vent et le manque général de connaissances pour les faire fonctionner. Seule une fraction limitée de la population, souvent des résidents étrangers, avait connaissance des applications possibles de l'énergie éolienne. Ce fait conjugué à un climat n'offrant que des vents modérés et à un coût élevé du matériel n'a engendré qu'une demande limitée de moulins à vent. Il s'ensuivit que l'importation de moulins à vent pour le pompage de l'eau fut le fait de particuliers et, en conséquence, aucune infrastructure ne fut mise sur pied pour assurer l'approvisionnement en pièces détachées, les réparations ou la formation requise pour l'installation et l'entretien des équipements. Le moulin à vent est resté un article onéreux et étranger

RESSOURCES D'ENERGIE EOLIENNE EN AFRIQUE



CLASSES D'ENERGIE DU VENT (WEF)

Classe Energie du Vent	10m WEF W/m²	10m VITESSE m/s	50m WEF W/m²	50m VITESSE m/s
	0	0	0	0
1	100	9.8	200	12.5
2	150	11.5	300	14.3
3	200	12.5	400	15.7
4	250	13.4	500	16.8
5	300	14.3	600	17.9
6	400	15.7	800	19.7
7	800	19.7	1600	22.6
8	1200	22.6	2400	28.4
9	1600	24.9	3200	31.3
10	1600	24.9	3200	31.3

Estimations aux crêtes (Altitude>1500m)

Vitesse par Rayleigh Distribution

pour la plupart des africains. Si l'on optait pour une formule visant de façon systématique à combiner la production locale, les activités de formation et d'entretien, il serait alors possible de parvenir à un usage plus généralisé et plus fiable de l'énergie éolienne.

Production locale des moulins à vent

Le cas de l'Afrique du Sud offre un contraste intéressant avec la plupart des autres pays africains. L'Afrique du Sud qui dispose d'une infrastructure agricole et industrielle relativement bien développée, de vents modérés et qui ne produit pas de pétrole a mis sur pied un marché et une infrastructure au sein desquels la production et l'utilisation des moulins à vent a pu prospérer. Des milliers sont en exploitation aujourd'hui. Il n'est donc guère surprenant que les autres pays africains qui s'intéressent pour l'heure activement à l'énergie éolienne soient généralement des nations dépourvues de gisements pétrolifères, mais dotés d'une base industrielle et agricole en expansion et disposant de vents modérés.

La production locale de moulins a démarré, sur une petite échelle, dans plusieurs pays, notamment le Cap Vert, la Tanzanie et le Kenya. L'objectif est de produire des dispositifs de pompage de l'eau "appropriés" à un coût nettement moins élevé que celui des moulins à vent importés. Des questions touchant à la technologie, à la commercialisation, à la formation doivent encore être résolues et nécessiteront probablement quelque temps avant de pouvoir être réglées de façon adéquate. Il faudra pour le faire que les entreprises et le gouvernement coordonnent leurs efforts.

Faisabilité économique

Il est malaisé de généraliser quant à la faisabilité économique de l'énergie éolienne. Car il convient d'examiner les données anémométriques, le coût des équipements, les impératifs d'entretien, les besoins en eau ainsi que le coût à l'achat, l'exploitation et l'entretien du matériel de remplacement (fonctionnant principalement au gas-oil) qui varient selon les régions. Un modèle intéressant développé pour comparer les moulins à vent pour le pompage de l'eau aux machines diesel a établi un seuil de rentabilité pour le combustible gas-oil (Gingold, 1979). Si les prix du gas-oil dépasse ce seuil de rentabilité, le moulin à vent revêt alors un intérêt économique. Par exemple, la pompe à vent Harries de 5 mètres fabriquée au Kenya coûte 5.500 dollars américains environ, tour et frais d'installation compris. Un vent moyen de 3,3 m/s permettrait de pomper 18.700 m^3 par an. En comparant cette performance à celle d'un moteur diesel, on obtient un prix de rentabilité de 1,50 dollars américains par gallon.

Le prix du gas-oil au Kenya a atteint ce niveau il y a deux ans et l'a peut-être même dépassé aujourd'hui. Toutefois, avec un vent d'une force de 2,2 m/s le seuil de rentabilité monte à 3,75 dollars américains par gallon. Même s'il ne s'agit là que d'un seul exemple, il permet d'illustrer la situation présente. Il reste encore fort à faire pour réduire le coût des moulins à vent et accroître leur rendement.

Utilisation

L'intérêt dans l'énergie éolienne en Afrique se manifeste pour la plupart dans son utilisation en vue de pomper l'eau. En revanche, on s'est peu attardé sur la possibilité d'utiliser les moulins à vent pour broyer le grain, activité grande consommatrice d'énergie en Afrique. La faisabilité d'une telle application mérite une étude approfondie.

L'énergie éolienne appliquée à la production d'électricité est encore un fait nouveau en Afrique. Quelques appareillages à batterie rechargeables sont en exploitation çà et là pour assurer l'éclairage et les communications. Un certain nombre de pompes électriques ont été installés. Le potentiel qui permettrait une utilisation accrue de petits générateurs électriques actionnés par l'énergie éolienne s'avère relativement prometteur et justifie une étude plus poussée. Les générateurs électriques de grande dimension constituent une option qu'il conviendra d'envisager dans le futur.

RECOMMANDATIONS

Il va de soi que bien des travaux restent à entreprendre pour faire de l'énergie éolienne une source énergétique significative pour l'Afrique. Les suggestions qui suivent peuvent être divisées en recommandations, d'une part à l'intention des entreprises privées et d'autre part, à l'intention des agences donatrices et des gouvernements africains.

Entreprises privées

Les entreprises privées peuvent au mieux participer au développement de L'énergie éolienne en Afrique par le truchement de:

1. La recherche technique et le développement.

   En règle générale, la performance des moulins à vent de pompage devra être améliorée, les coûts de fabrication et d'entretien devront être réduits. Des progrès considérables peuvent être accomplis dans les domaines suivants:

   A. Mise au point d'une dispositif à incidence variable qui pourrait être ajouté aux présentes installations de pompage à un coût modique pour pallier les problèmes de couple au démarrage. Un tel système pourrait doubler le volume d'eau pompée et grandement améliorer la rentabilité de l'éolienne.

   B. Compression des coûts globaux et amélioration de la performance au moyen de rotors et de systèmes de transmission perfectionnés et d'une meilleure compatibilité entre les rotors et les pompes. De nombreux experts internationaux ont opté pour des rotors de faible solidité en vue de réduire le poids et d'accroître le rendement du système. Des systèmes de transmission plus légers, à attaque directe et actionnant une double pompe (généralement en vue d'un pompage modéré) contribueront largement à l'amélioration de la performance de pompage. Si l'assistance internationale s'est accrue, il n'en reste pas moins que les milieux de recherche et d'affaires américaines pourraient s'avérer être une source précieuse. La pompe à sonde Hydromite mise au point par Climax Windmills (RSA) est une illustration de la contribution importante qu'une industrie privée peut apporter au développement de l'énergie éolienne appliquée au pompage de l'eau dans le Tiers-Monde. Beaucoup de travaux restent à entreprendre pour améliorer les pompes rotatives, les systèmes de pistons et les joints (rondelles) de cuir des pompes.

2. La réduction de coûts et une commercialisation plus poussée des systèmes de collecte des données anémométriques pour une utilisation généralisée en Afrique.

3. La collaboration avec les entreprises, les coopératives et autres agents économiques en Afrique en vue de promouvoir la conception et la

fabrication de pompes à vent appropriées, de dispositifs électriques et d'appareils annexes pour la mouture du grain.

4. La coopération entre les entreprises, les gouvernements et les institutions africaines pour assurer des programmes de formation en matière d'entretien. En l'absence d'un tel effort de formation, les travaux visant à encourager l'utilisation de l'énergie éolienne dans les pays en développement resteraient très certainement sans lendemain.

5. La collaboration avec les institutions africaines en vue d'impulser des programmes de démonstrations des applications de l'énergie éolienne.

Agences donatrices et gouvernements africains

Les agences donatrices et les gouvernements africains peuvent au mieux promouvoir l'énergie éolienne sur le continent en apportant leur soutien aux institutions chargées de ces programmes de développement. Quatre points méritent d'être soulignés:

1. Dans de nombreuses régions, il conviendra d'améliorer les méthodes de collecte et d'évaluation des données anémométriques ainsi que la formation du personnel et l'installation de nouveaux équipements météorologiques. Une évaluation globale du potentiel éolien à l'échelle nationale sera requise dans la plupart des pays.

2. Les pays devront dresser un répertoire des utilisations de l'énergie éolienne afin de mieux comprendre les résultats et l'expérience acquise au cours des travaux antérieurs. Il conviendra de dégager les raisons particulières ayant conduit aux nombreuses défaillances passées des pompes à vent ainsi que celles pouvant permettre de reproduire les techniques ayant abouti.

3. La mise au point de systèmes éoliens fiables produits sur place à des fins de pompage constitue une priorité, la mouture du grain et la production d'électricité représentant des objectifs plus éloignés dans le développement de l'énergie éolienne.

4. En vue de jeter les bases de l'infrastructure en personnel requise, les programmes de développement et de formation en matiére d'entretien devront être entrepris en coopération avec les institutions, notamment les universités, les entreprises et les coopératives de production.

REPERTOIRE DES ACTIVITES LIEES A L'ENERGIE EOLIENNE DANS CERTAINS PAYS AFRICAINS

AFRIQUE DU SUD

Ressources en eau. L'Afrique du Sud a soigneusement exploré, analysé et exploité ses ressources en eau. Le fleuve Orange et la riviére Vaal représentent une source importante d'eau en surface qui est néanmoins exploitée de façon très intensive. Les trous de forage constituent les sources les plus courantes d'approvisionnement en eau dans le pays. Selon des données remontant à 1973 on comptait 600.000 puits de forage dont 250.000 environ étaient actionnées par l'énergie éolienne ou des moteurs dans les zones rurales.

Données anémométriques. En Afrique du Sud, le régime des vents varie généralement d'un niveau moyen à un niveau élevé. Dans les régions côtières on enregistre une moyenne annuelle de 4 m/s. Le vaste plateau qui s'étend sur la plus grande partie du territoire sud-africain connaît des vitesses moyennes de 3 m/s. A l'échelle nationale on obtient une moyenne de 7,3 mph soit 3,3 m/s. Si ces moyennes semblent assez faibles, précisons que des relevés à Bloemfontein indiquent une moyenne annuelle de 6,3 mph (2,8 m/s) corrigée cependant par un coefficient d'irrégularité de 5 environ. Ceci signifie que l'énergie éolienne est nettement plus élevée que les moyennes annuelles ne sembleraient l'indiquer. Le bureau météorologique sud-africain à Pretoria a compilé de bonnes données anémométriques dont la distribution des fréquences et les variations d'une année sur l'autre (cf. Climate of South Africa, Part 12, Surface Winds, South African Weather Bureau, Pretoria, 1975).

Applications présentes. A l'heure actuelle, les applications de l'énergie éolienne en Afrique du Sud sont principalement orientées vers l'exploitation de pompes à eau à usage commercial. On compte dans le pays deux fabricants et plusieurs milliers de moulins sont en service. Quelques défaillances se sont produites, comme dans le cas de n'importe quel autre équipement, mais il convient de noter qu'un nombre considérable de moulins fonctionnent de façon satisfaisante. Dans son étude relative à l'énergie éolienne en Tanzanie parue en 1974, Parkes estime qu'en 1960 l'Afrique du Sud disposait de 185.000 moulins à vent. Les agriculteurs et les éleveurs sont largement tributaires de l'énergie éolienne pour l'abreuvement du bétail et l'approvisionnement en eau à usage domestique. L'exploitation des moulins n'a pas décliné comme cela a été le cas aux Etats-Unis, avant tout parce que le prix du gas-oil s'est maintenu à un niveau élevé et que contrairement aux Etats-Unis l'electrification des campagnes n'a pas été un objectif prioritaire.

On prévoit le maintien de la tendance favorable sur le marché des éoliennes. Climax Windmills vient récemment de mettre au point un moulin bien conçu, de 5,5 mètres de diamètre, à attaque directe. Climax construit également des pylônes et des pompes et vient de mettre sur le marché une innovation technique, il s'agit d'une pompe hydraulique "Hydromite" qui

permet d'installer l'éolienne sur une hauteau, loin du puits, d'accroître le rendement et de faciliter l'entretien. Southern Cross, une compagnie australienne dispose d'une usine de fabrication à Bloemfontein qui construit toute une gamme de moulins, de pylônes et de pompes. En général, les éoliennes sont d'un prix nettement inférieur à celui des moulins américains ou britanniques. Il y a un certain nombre d'années des pompes Mono ont été expérimentées (voir Botswana).

Bien que le volume des travaux ne soit pas comparable, on note en Afrique du Sud un intérêt croissant pour les générateurs électriques mûs par l'énergie éolienne. Le modèle américain "Windcharger" construit par Winco est commercialisé depuis plusieurs années par une société de Pretoria. On ne connaît pas le nombre d'unités qui ont été installées, mais selon le distributeur un bon nombre sont en service dans la zone montagneuse de la région occidentale du Transvaal. Cette concession a été rachetée il y a peu de temps par une compagnie de Johannesburg, Semiconductor Services. Cette compagnie est par ailleurs en train de mettre au point son propre générateur en vue de le commercialiser en Afrique du Sud. Standby Emergency Power Systems à Johannesburg distribue pour sa part le modèle "Dunlite," un générateur à vent d'origine australienne. Le volume des ventes n'est pas encore très élevé.

Recherche et développement. Comparativement à la production des moulins de pompage, les travaux de recherche et de développement apparaissent limités. Le Conseil pour la Recherche Scientifique et Industrielle dipose d'ingénieurs compétents et travaille actuellement sur la mise au point de pales en fibre-verre. Les seules autres activités expérimentales connues sont le fait de l'Agence de l'Environnement et du Développement qui se trouve à Marshalltown.

BOTSWANA

Ressources en eau. Le Botswana est un pays très sec. Les précipitations ne tombent que durant une courte période de l'année et les nappes d'eau en surface sont donc rares. Dans certaines zones, il a été possible de creuser des puits manuellement (jusqu'à une profondeur environ de 25 mètres) mais le forage des puits (de 100 mètres et plus) est plus courant. En outre, le niveau des nappes phréatiques tombe à mesure que de nouveaux puits sont creusés. L'eau obtenue a souvent une forte teneur en sel et en sable.

Données anémométriques. A ce stade, peu de données exactes sont disponibles. Des études récentes sur le pays entreprises par Carothers (1980) indiquent des valeurs de 3,6 m/s (8,0 mph) et une production de 60 watts/mètre à Ramonedi. Carothers présente pour Ramonedi des données complètes, sous forme d'histogramme, mais la période et la durée de l'étude restent incertaines.

Applications présentes. Dans le passé, le Départment des Eaux du gouvernement du Botswana avait fait installer un certain nombre de moulins à vent de pompage importés d'Afrique du Sud, principalement pour l'abreuvement du bétail dans les régions isolées. Plus récemment, des pompes Mono actionnées par moteur diesel avaient fait leur apparition en raison des problèmes

d'entretien que posaient les pistons des moulins à vent. Les rondelles de cuir des pompes alternatives classiques mues par l'énergie éolienne ou gas-oil s'usaient rapidement au contact de l'eau saline et sableuse. Il a été établi que les pompes Mono étaient beaucoup plus fiables et c'est l'option qui a été retenue par le gouvernement pour la plupart des installations futures. Toutefois, les prix du gas-oil ont augmenté et a donc considérablement renchéri le coût d'exploitation de ces pompes. En conséquence, plusieurs institutions (voir ci-dessous) ont porté leurs efforts sur l'installation d'éoliennes pour actionner les pompes Mono.

Recherche et développement. Le Centre pour l'Innovation dans les Industries Rurales (RIIC) situé à Kanye travaille à la mise au point d'une éolienne adaptée aux pompes Mono depuis 1977. Avec le concours financier et l'assistance technique du Centre de Recherche pour le Développement International (IDRC, Ottawa) et du Groupe de Développement de Technologie Intermédiaire (ITDG, Londres), deux modèles de base ont été construits et font l'objet actuellement de tests approfondis. Le modèle Filippini a été la première conception retenue, en raison de sa relative simplicité et de son orientation selon un axe vertical. Le principal inconvénient de cette formule est que pour fabriquer un modèle Filippini assez solide pour résister à des vents forts, l'investissement de départ doit être élevé. Au terme de trois années de recherche, il est probable qu'il faudra abandonner cette conception en raison de son incapacité à résister aux rafales. Une deuxième formule a consisté à utiliser la conception de la pompe de l'ITDG, de faible solidité qui dispose d'un système d'attaque à angle droit et d'un disque d'embrayage. Ce modèle est en cours de réalisation. Par ailleurs, on a pu établir qu'un système de pompe Mono mû par énergie éolienne avait donné des résultats satisfaisants dans la région nord du Cap en Afrique du Sud, en 1956.

Pelegano Village Industries a collaboré avec RICC à la démonstration d'un système de pompe Filippini à pistons, pour un pompage en eau profonde. En 1978, le dispositif avait été achevé et subissait des essais dont les résultats ne sont pas encore disponibles.

CAP-VERT

Ressources en eau. Ce petit groupe d'îles volcaniques situé au large de la côte de l'Afrique occidentale ne dispose que de ressources en eau très limitées. Un certain nombre de puits ont été creusés dans les îles, mais le niveau des nappes phréatiques diminue et l'on a identifié une certaine contamination par l'eau saline.

Données anémométriques. Les études anémométriques ont commencé dès 1915 au Cap-Vert. La plupart de ces renseignements peuvent être obtenus des services météorologiques locaux ou du ministère du développement rural. L'administration portuguaise à Lisbonne et le Centre national sur l'étude des climats (National Climatic Center) aux Etats-Unis disposent de certaines données condensées. Le comité directeur sur l'énergie éolienne dans les pays en voie de développement (Steering Committee on Wind Energy for Developing Countries, SWD) indiquait, dans son étude de 1976 sur l'énergie éolienne au Cap-Vert, plusieurs autres sources récentes datant du milieu

des années 60 et du début des années 70. Des données sur la répartition des vents par saison sont répertoriées pour les villes de San Pedro (Sao Vicente) et Praia (San Tiago). On dispose des vitesses mensuelles moyennes pour Mindelo et Sal. On obtient une moyenne rapportée sur l'année de 5,5 m/s. Les vents soufflent du nord-est la moitié de l'année et sont assez réguliers.

En 1978, des mesures plus systématiques ont été effectuées à l'aéroport de Praia. On a enregistré des vitesses quotidiennes moyennes de 6 mètres au-dessus du sol dans une zone côtière bien exposée. Les données ont été dépouillées par Joop van Meel de SWD et mises sous forme tabulaire par Blake. On a obtenu une moyenne annuelle de 6,6 m/s. Après compilation des données de répartition et de puissance moyenne, on a établi une production annuelle moyenne de 210 watts au m^2 (maximum de 370 w/m^2 environ et minimum de 65 w/m^2). La période où les vents sont les plus faibles s'étend de juillet à septembre.

Si Praia donne une bonne indication de la force des vents côtiers, il reste que les zones situées près des sommets des collines ou des cols sont certainement plus exposées encore. Un météorologue du pays, Uberto do Fonseca, aurait mesuré une vitesse moyenne de 17 m/s près d'un col de Sao Vicente, au cours d'une période de six mois. Toute une série d'institutions ont impulsé de nouveaux programmes de mesures anémométriques. L'agence américaine pour le développement international (AID) et le SWD néerlandais travailleraient en collaboration avec le ministère du développement rural pour lancer de nouveaux programmes de mesures anémométriques en vue d'applications énergétiques. Dans le même temps, on propose d'installer, au titre du programme de collecte de données sur les ressources en eau au Sahel (AGRHYMET) de nouveaux anémomètres dans vingt emplacements différents de l'archipel, pour recueillir des informations utiles à l'agriculture.

Il apparaît clairement que le potentiel éolien est favorable et les études approfondies dans ce domaine se poursuivent.

Applications présentes. Pour un groupe d'îles aussi petit, la puissance éolienne potentielle est très élevée. L'île de Sao Vicente dipose de 75 moulins à vent à pales multiples pour le pompage de l'eau. Certains sont importés, d'autres sont fabriqués sur place. Sao Vicente compte deux petits fabricants de pompes à vent à pales multiples: ONAVES Shipyard et Fabrica Favorita. Les moulins s'inspirent essentiellement des modèles Dempster ou Aermotor et ont des rotors de 2 mètres de diamètre environ, un système d'attaque à ralentissement. Les rouages sont protégés par un bain lubrifiant.

Le coût unitaire est de quelques 1.000 dollars américains. Le gros de ces machines sert à irriguer des petits jardins potagers locaux. Les réparations sont généralement effectuées par les fabricants.

Pour soutenir cette initiative locale, le SWD se serait engagé à collaborer avec les deux fabricants en vue d'améliorer la conception des rotors de deux mètres et de mettre au point un modèle de 4 mètres dans le cadre d'un programme d'ensemble réparti sur trois ans. Par ailleurs, USAID envisage d'encourager ces activités par l'achat de quelques-unes de ces machines qui seraient installées sur d'autres îles.

Apparemment non informées de ces capacités de production locale, Church World Services a récemment fait don de 25 modèles Dempster de 2 mètres de diamètre au Cap-Vert et selon certaines sources, UNICEF prévoirait de fournir, dans un avenir proche, 10 à 15 autres machines supplementaires qui seraient installées au titre d'un programme du Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) pour le forage de puits. A Sal, Blake a pu observer qu'un modèle Dempster installé il y a tout juste trois ans avait gravement été endommagé par la rouille et ne fonctionnait plus. Les vents de sable et le sel avaient attaqué la couche galvanisée des surfaces métalliques et corrodé les tôles d'acier.

On trouve sur l'île de Sal près de vingt moulins à vent en bois pour le pompage de l'eau salée. Le bois importé de Guinée sert à fabriquer des rotors à quatre pales de 3 mètres de diamètre qui actionnent une manivelle en fonte reliée à une pompe à pistons qui puise de l'eau salée à 2 ou 3 mètres de profondeur. L'eau parvient ensuite dans des mares d'évaporation où l'on ramasse le sel. On utilise des types de moulins similaires à ceux de Boa Vista pour puiser de l'eau douce à de faibles profondeurs, à des fins d'irrigation. Ces moulins représentent une des quelques applications locales de l'énergie éolienne en Afrique.

Recherche et développement. A l'heure actuelle, on peut répertorier une large gamme d'activités de recherche et de développement sur l'énergie éolienne au Cap-Vert, tant pour le pompage de l'eau que pour la production d'électricité. La plupart des travaux sont entrepris en collaboration avec le ministère du développement rural du gouvernement de la République du Cap-Vert. A l'aide de financements provenant du PNUD, plusieurs aérogénérateurs d'une puissance de 5 à 10 kW ont été importés des Etats-Unis et de Suisse en vue de démonstrations et d'essais. Un autre projet financé par les Nations Unies concerne une etude sur la possibilité d'actionner des pompes électriques submersibles au moyen de générateurs à vent. Le groupe français d'assistance technique CIMADE a fourni au Cap-Vert deux systèmes éoliens Aerowatt fabriqués en France dont un actionnera une pompe Grundfos. CIMADE envisage par ailleurs d'effectuer un relevé aérien des régions où l'on a noté un étiolement excessif des arbres (anémie causée par le vent) et qui devraient receler un potentiel éolien élevé. On a également étudié la possibilité de relier les aérogénérateurs à un appareillage électrique. Sur la base d'un prix du gas-oil en 1979 de 21 cents le litre (68 cents le gallon) et de la vitesse moyenne annuelle du vent relevée à l'aéroport de Praia en 1978, on pourrait amortir un système de générateurs électriques mû par énergie éolienne et relié au réseau en six ans (Blake). En résumée, le potentiel éolien des îles du Cap-Vert est encourageant.

EGYPTE

Données anémométriques. Les données recueillies par le docteur Mahmood Hegazi et dépouillées par William L. Hughes indiquent un potentiel éolien limité sur la côte méditerranéenne à l'ouest d'Alexandrie et de meilleures possibilités le long de la mer Rouge au sud de Suez. Sur la côte de la Méditerranée, on enregistre des vents hautement saisonniers qui peuvent tomber à des moyennes mensuelles aussi faibles que 2,8 m/s à Ras El Hekma au milieu de l'été et atteindre 6,4 m/s à Borg El Arab. Dans certaines

zones, selon les saisons ces vents connaissent également de grandes fluctuations dans le courant d'une journée. Par exemple, à Ras El Hakma les vents du début d'automne passent d'une vitesse de 3,6 m/s le matin à 1,4 m/s le soir. Les vents soufflent généralement du nord et de l'ouest.

Sur les côtes de la mer Rouge, on note des vents plus forts qui pourraient s'avérer suffisants pour la production d'électricité. A Ras Ghareb, la moyenne mensuelle va de 5,3 m/s en hiver à 7,3 m/s en été. Les vents soufflent généralement de l'ouest.

Recherche et développement. Un modèle d'éolienne mis au point par l'ITDG pour le pompage de l'eau subit actuellement des tests en Egypte.

ETHIOPIE

Ressources en eau. Peu d'informations relatives aux ressources en eau en Ethiopie sont présentement disponibles. On peut citer un certain nombre de nappes d'eau en surface telles que les lacs et la rivière Addis dans la vallée du Rift. De nombreuses régions diposent probablement de puits creusés manuellement, de faible profoundeur. L'administration éthiopienne responsable des ressources en eau (Ethiopian Water Resources Authority) est certainement la source la plus indiquée pour obtenir toute information détaillée en la matière.

Données anémométriques. Des données précises ne sont pas disponibles à ce jour, mais il semble raisonnable d'escompter un potentiel éolien limité. Plusieurs stations météorologiques recueillent des données anémométriques dans plusieurs régions du pays. La Commission sur les ressources en eau nationales fait référence à une étude de C.A. Munoz effectuée en 1974 intitulée "Analysis of Wind Data in the Drought Affected Area in Ethiopia" (Analyse des données anémométriques dans la région touchée par la sécheresse en Ethiopie). Ce rapport et des renseignements plus récents peuvent être obtenus auprès de l'administration éthiopienne responsable des ressources en eau.

Applications présentes. On a utilisé autrefois en Ethiopie un petit nombre de pompes à vent importées à des fins commerciales. Des moulins Southern Cross ont été installés à Maki et Zewai. Ces deux modèles ont été sérieusement endommagés au cours des années et celui de Zewai a été terrassé par le vent. Dans un document rédigé en 1980, Taye fait état des difficultés que posent les rondelles de cuir des pompes qui s'usent après quelques mois seulement d'utilisation. Il effectue actuellement des essais sur des rondelles en plastique.

Recherche et développement. Vers le milieu des années 70, toute une gamme de projets de recherche et de développement ont été lancés, particulièrement durant le programme de "développement par la coopération" en 1974 et 1975. Karl Jensen, du département du génie mécanique de l'Université d'Addis Ababa a conçu et testé plusieurs éoliennes. Des essais ont été effectués pour perfectionner des prototypes en vue d'une production locale. Le professeur Gouin et M. Filippini de l'observatoire géophysique ont mis au point un modèle expérimental de rotor à axe vertical, de solidité

moyenne. L'administration éthiopienne responsable des ressources en eau a poursuivi les travaux grâce à un financement accordé par l'IDRC (Canada) en 1977. Des chercheurs ont également testé le même modèle au Sénégal, au Botswana et au Canada.

En 1972, la mission américaine presbytérienne a installé a la station météorologique d'Omo une pompe à vent Dempster aux fins d'irriguer les jardins potagers. Dans les années qui ont suivi, Ted Pollock, Bob Swart et d'autres membres de la mission ont entamé un programme de construction de petites éoliennes pour le pompage de l'eau. Plusieurs modèles Dempster et Savonius ainsi que plusieurs moulins à voilure ont été construits. Ces derniers sont apparus les plus prometteurs. Beaucoup de ces éoliennes sont de conception simple, de coût assez modique et les agriculteurs locaux ont commencé à pomper l'eau de la rivière Omo pour irriguer leurs jardins potagers. La vente des moulins a été subventionnée par l'état. En 1975, Peter Fraenkel de l'ITDG (Londres) se rendit à Omo et fit plusieurs suggestions pour perfectionner les doubles pompes actives. Vers la fin de l'année 1975, 26 pompes du type "Polomo" avaient été construites et l'on prévoyait d'en fabriquer 75 de plus. Les résultats de ces derniers travaux ne sont pas encore connus. De source secondaire on a pu établir cependant que ces moulins devaient fréquemment être lubrifiés et n'étaient pas jugés très solides. L'Unité de technologie appropriée (Appropriate Technology Unit) de l'Association chrétienne pour les secours d'urgence et le développement (Christian Relief and Developpement Association) d'Addis Ababa, qui soutint les travaux et réunit la documentation à Omo, aurait cessé d'opérer en 1978.

Le rapport le plus récent sur les travaux de développement de l'énergie éolienne en Ethiopie a été présenté par Teferi Taye, fonctionnaire de l'administration responsable des ressources en eau, lors d'une conférence consacrée à la technologie économique du pompage, au Botswana en novembre 1980. Dans son rapport, il résume les travaux en cours sur la mise au point d'éoliennes de pompage à axe horizontal, de dimensions assez grandes (diamètre de 6 à 9 mètres) et de moulins Filippini à axe vertical. Des prototypes ont été construits et font maintenant l'objet de tests approfondis. On ne rentrera pas ici dans le détail technique, mais il est intéressant de noter que Taye a utilisé, sur l'axe horizontal, trois longues pales étroites et un jeu de pales d'amorce plus petites sur le même arbre d'entraînement.

LA GAMBIE

Ressources en eau. La Gambie est dominée par le fleuve du même nom. Les courants de marée font que l'eau du fleuve est salée jusqu'à 240 km des côtes. A l'exception de la région orientale où des puits profonds ont été creusés, la profondeur des puits varie entre 5 et 25 mètres. Les débits moyens se situent à 5 $m^3/h/m$ (pompes foulantes).

Données anémométriques. Les vents sont en général assex faibles. En exprimant l'échelle de temps en pourcentage, on obtient les valeurs suivantes: 30% du temps, vents quasiment nuls, 6% vents de 5,4 m/s, période restante soit 64%, vitesse oscillant entre 0 et 5,4 m/s.

Applications présentes. La seule application connue de l'énergie éolienne concerne la construction et l'essai d'une éolienne à voilure de 5 mètres de diamètre conçue par R.D. Mann du Conseil chrétien de la Gambie (Gambian Christian Council). Le moulin a été fabriqué et essayé à la station expérimentale de Yundum en 1977. Il devait servir à irriguer des carrés potagers sur une petite échelle pendant la saison sèche. L'ITDG à Londres a publié les détails de la conception et les résultats des tests. On ne dispose pas actuellement d'informations concernant le degré d'avancement des travaux depuis les débuts de la construction.

GUINEE

Ressources en eau. La Guinée dispose de vastes ressources en eau, dont la disponibilité varie néanmoins grandement selon les saisons. Les précipitations annuelles varient de 1.150 mm dans la région frontalière avec le Mali à 4.400 mm à Conakry. Le gros des pluies tombe au cours d'une période de 6 mois, de mai-juin à octobre-novembre. Le débit des rivières et le niveau des nappes phréatiques s'accroît ou décroît de façon spectaculaire selon le volume des précipitations. Le niveau des nappes phréatiques peut varier de 10 à 20 mètres entre la saison sèche et la saison humide.

Données anémométriques. Les ressources en énergie éolienne sont limitées en Guinée. Des relevés réguliers sur la vitesse et la direction du vent sont effectués et transmis à onze stations de la direction générale de la météorologie à Conakry. Ces mesures seraient effectuées à une hauteur de 10 mètres au-dessus du sol mais on ne dispose pas de précisions quant aux inégalités de terrain ou éléments d'obstruction tout près. Selon une étude récente de VITA, il ressort des données disponibles que la région la plus ventée, à savoir la côte, ne connaît des vents supérieurs à 4 m/s que 14% du temps. Il est possible que les vents soient plus forts dans les régions isolées, mais il est présentement impossible de confirmer ou d'infirmer une telle hypothèse.

Racine Bah de l'Institut National de la Récherche et de la Documentation de la Guinée (INRDG) à Conakry a effectué une brève étude préliminaire sur le potentiel éolien du pays. Sur la base de données recueillies en 1979 par le Direction générale de la météorologie, la production énergétique annuelle par m^2 de surface de rotor atteint pour 11 emplacements disséminés dans le pays, les valeurs suivantes: moyenne de 17 watts/mètre carré (w/m^2) avec des maximums de 29 w/m^2 et des minimums de 9 w/m^2. Les fluctuations sont certes considérables, mais les valeurs restent cependant assez faibles.

Applications présentes. Dans son étude, Bah fait mention d'une installation Aermotor opérationnelle à Boke dans la région cotière septentrionale. Les données météorologiques permettent d'établir une puissance moyenne de 13 w/m^2 à Boke, inférieure à celles de beaucoup d'autres régions en Guinée. Il reste que le rotor d'un diamètre de 3,6 mètres assure l'irrigation d'un jardin local. Bah conclut que les travaux d'évaluation sur cette source énergétique doivent être poursuivis de même que l'implantation expérimentale de moulins Aermotor dans des zones plus favorables.

Deux moulins à vent de pompage équippés d'hélice à pales multiples ont été installés au nord-est de la Guinée afin d'abreuver le bétail; il semble que le matériel soit d'origine argentine.

Recherche et développement. Bah a construit à l'INRDG un rotor Savonius. Aucun renseignement sur les recherches en cours n'est présentement disponible.

Les informations susmentionnées sont tirées pour la plupart d'une étude entreprise conjointement par VITA et LIFE (League for International Food Education) consacrée aux ressources et aux usages potentiels de la technologie appropriée en Guinée. Cette enquête a été menée à la demande et avec la coopération du gouvernement guinéen.

HAUTE-VOLTA

Ressources en eau. Bien qu'aucun problème majeur ne semble s'opposer à ce que l'on identifie les sources souterraines en Haute-Volta, aucun renseignement exact en la matière n'est disponible à l'heure actuelle. Le Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (CIEH) en Haute-Volta a effectué plusieurs relevés et des données sur les nappes souterraines peuvent être obtenues par ce canal. Le fleuve Volta fournit des eaux de surface.

Données anémométriques. En Haute-Volta les vents sont généralement de régime faible. Les moyennes annuelles oscillent autour de 2 m/s (Paulissen et Van Doorn). Le potentiel éolien est globalement plus élevé dans le nord du pays. Les renseignements exacts restent incomplets. Certaines régions pourraient donc connaître des vents plus forts. Les vents fluctuent assez largement au cours de l'année.

Applications présentes. Les informations disponibles relatives aux moulins en service en Haute-Volta sont très limitées. Paulissen et Van Doorn mentionnent l'utilisation de plusieurs éoliennes Aermotors et Game à pales multiples. Certains de ces moulins sont tombés en panne en raison d'un entretien défaillant ou de l'assèchement des puits. Paulissen et Van Doorn citent également l'installation de plusieurs éoliennes Sahores à pales multiples construits sur place. Ces machines ne se sont pas avérées assez résistantes pour être opérationnelles dans le pays.

Recherche et développement. A l'heure actuelle, on n'a connaissance d'aucuns travaux entrepris dans ce sens.

KENYA

Ressources en eau. La plupart de la population au Kenya dépend des nappes de surface ou de la collecte de l'eau de pluie pour son approvisionnement. Lacs, cours d'eau, rivières et ruisseaux constituent les sources courantes de ravitaillement en eau au village. La collecte de l'eau de pluie est assez répandue, néanmoins les habitants doivent compter sur les nappes de surface durant la saison sèche. Dans la région aride du nord, on trouve plus fréquemment des puits peu profonds creusés manuellement. Dans

certaines zones néanmoins, on a creusé plus profond, entre 80 et 200 mètres pour atteindre les nappes souterraines.

Données anémométriques. Pour l'heure, on ne dispose que d'un volume restreint de données exactes. Selon certaines données recueillies par un fabricant kenyan, la vitesse moyenne annuelle des vents varie entre 2,2 et 2,7 m/s dans certaines zones. Toutefois, Hilton (Université de Nairobi) qui a analysé des données anémométriques en 1975 a conclut que seules la région du Lac Victoria et la zone plate et aride septentrionale affriraient des ressources éoliennes tangibles. Docteur Ng'ang'a du département météorologique de l'Université de Nairobi aurait egalement entrepris de rassembler des données afférentes à l'énergie éolienne au Kenya.

Applications présentes de l'énergie éolienne--Recherche et Développement. Selon Hilton et Opondo (1980), l'emploi de moulins à vent pour le pompage de l'eau remonterait au Kenya à plus d'un siècle. Des moulins à pales multiples importés d'Australie, des Etats-Unis et de la Grande-Bretagne ont été installés dans les régions agricoles prospères la plupart du temps, zones où les vents sont assez faibles par ailleurs. Ces moulins ont été remplacés pour l'essentiel par des engins diesel. Avec la poussée des prix de ce combustible dans les années 70, la recherche éolienne a connu un nouvel essor et quelques moulins ont atteint le stade opérationnel dans certaines localités du Kenya.

Les travaux de recherche ont commencé au département du génie mécanique à l'Université de Nairobi avec les études de Hilton et d'autres experts. Plusieurs moulins à vent de pompage de type Cretan ont été construits ainsi qu'une pompe Savonius et un moulin à axe horizontal, avec espars de bambou et pales métalliques. La production locale de plusieurs autres moulins était envisagée.

Faisant état apparemment aux travaux entrepris à l'Université, le centre chrétien de formation industrielle (Christian Industrial Training Centre, CITC) à Nairobi a entrepris la construction d'une éolienne (modèle Cretan) à voilure. Ce programme financé partiellement par le conseil national chrétien (National Christian Council) visait à pomper l'eau des rivières Tana et Daua à faible profondeur pour irriguer les petits lopins agricoles avoisinants. Il a été établi qu'une de ces pompes a été installée à Lokori en 1977 au titre du projet de développement agricole du Tarkana sud, à des fins similaires. D'après les derniers recensements, le moulin continue à fonctionner de façon satisfaisante. Toutefois, la construction du moulin du CITC a été interrompue en raison de "ses mauvaises propriétés aérodymaniques" indique Opondo. Le CITC pourrait sous peu reprendre les travaux de construction en collaboration avec l'Université de Nairobi.

On a recensé trois autres fabricants de pompes à vent dans le pays. A Mbita près du Lac Victoria, la mission catholique a mis sur pied une unité de production avec le concours d'un ingénieur néerlandais. On construit actuellement un rotor en tôle de 6 mètres de diamètre pour le pompage des nappes profondes, dont le coût atteindra 2.300 dollars américains. On étudie maintenant les possibilités d'en réduire le coût. Les moulins ont subi toute une série d'essais pendant deux ans, sans que l'on rencontre de difficultés majeures. Par ailleurs, à Kisumu, localité située également

près du Lac Victoria, Plough and Allied Products a entamé la construction d'un moulin de pompage en tôle dont la conception et le prix de revient sont similaires à ceux du modèle Mbita.

A Thika près de Nairobi, Bobs Harries Engineering Ltd. s'est lancé dans la construction de pompes à vent de quatre tailles différentes, enregistrées sous la marque déposée Kijito. Le projet a reçu un soutien technique considérable de la part de l'ITDG à Londres. Le modèle retenu est une version modifiée d'une conception déjà expérimentée en Grande-Bretagne. Le diamètre des rotors est de 3, 4, 5 ou 6 mètres. Ces moulins sont fabriqués à partir de matériaux produits au Kenya à l'exception des roulements et des clapets à lubrifiant. Les rotors sont composés de pales en fibre de verre fabriquées à Nairobi. Un système de transmission à attaque directe alimente une pompe à piston à mouvement alternatif. Il faut graisser les roulements tous les six mois, mais Mike Harries, directeur de la compagnie, fait des recherches sur un système de lubrification autonome. Il expérimente également un système de transmission à pas variable qui permettrait d'augmenter considérablement le volume d'eau pompée pour un coût additionnel relativement modéré. Peter Fraenkel (IT Power) souligne toutefois que l'élément clé de la rentabilité de ce système reste la fiabilité et la durabilité. Ces rapports indiquent en effet que les pompes à inertie, les doubles pompes actives et les mécanismes à pas variable ont tendance à user les systèmes de transmission et de roulements de telle sorte que la durabilité du moulin s'en trouve considérablement réduite. En conséquence, on met désormais moins l'accent sur des techniques aussi perfectionnées. Récemment, l'ITDG a dépêché sur place un ingénieur, Paul Dawson, expert en conception éolienne en vue d'améliorer les modèles et les méthodes de construction.

Au vu des antécédents récents de la construction des moulins au Kenya, le volume des ventes est encourageant. Les prix sont inférieurs à ceux des moulins importés d'Amérique ou d'Australie. Harries assure par ailleurs les travaux d'installation et offre une garantie d'une année. En novembre 1981, 40 moulins Harries avaient été installés et les éoliennes sortent des ateliers au rythme d'une par semaine. Dans deux ans, il est prévu d'atteindre une production de 150 moulins par an. Une étude de marché sur les machines Harries indique une forte demande en matière de petits aérogénérateurs en vue d'alimenter des accumulateurs à régime lent. Sous l'impulsion de Bill Wright et du docteur Hugh Bolton de Imperial College, ITDG est en train de mettre au point un générateur approprié à régime lent et le soumettra à des essais pratiques au Kenya en vue d'en démarrer la production dans le pays.

Opondo fait également mention de l'installation d'une autre éolienne à Kisumu qui a été conçue par Carl Jensen. Le rotor se compose de trois grandes pales aérodynamiques et de neuf pales plus petites à pas élevé pour faciliter le démarrage de l'hélice.

Le SWD indique que le ministère de l'énergie s'est mis en rapport avec lui en vue d'entreprendre une étude d'envergure sur l'énergie éolienne. Les plans ne sont pas encore définitifs mais l'objectif immédiat est de passer en revue les données disponibles et les activités en cours en vue de formuler un plan d'action.

Pour finir, le comité technique sur l'énergie éolienne de l'Université de Nairobi vient de lancer un nouveau programme de recherche. Les fonds alloués au projet sont limités mais on a mis l'accent sur les transmissions à pas variable, les pylônes d'éoliennes et la construction de rotors économiques.

LESOTHO

Ressources en eau. Dans les basses terres du Lesotho, les ressources en eau proviennent des cours d'eau ou des trous de forage profonds creusés dans les roches de grès. Dans les zones montagneuses, les trous de forage sont rares et l'eau provient des sources ou des cours d'eau. A cause de la longue saison sèche la plupart des sources en surface n'assurent un approvisionnement que six mois par an.

Données anémométriques. Exception faite de quelques zones, les vents au Lesotho sont de force faible ou modérée durant la majeure partie de l'année. Dans les plaines, la vitesse des vents varient autour d'une moyenne annuelle de 2,2 m/s (5 mph) contre 3,6 m/s (8 mph) dans les régions montagneuses. Dans certaines zones bien exposées, la vitesse du vent peut atteindre 6 m/s (moyenne annuelle). Le régime des vents varie grandement d'un lieu à un autre selon la topographie. On note une saison "de vents forts" à la fin de la saison sèche, avec le retour des pluies. Des vents extrêmement puissants (de l'ordre de 35 m/s et plus) ne sont pas rares durant cette période. Les éoliennes doivent être assez solides pour résister à ces bourrasques et l'investissement pourrait donc s'avérer coûteux. Néanmoins, les vents restent faibles durant la majeure partie de l'année, d'où le risque d'un faible rentabilité. Se borner à utiliser des moulins de pompage à des fins d'irrigation pendant la saison sèche semble être l'option à retenir. Pour tout renseignement concernant l'énergie éolienne, s'adresser à la division des services hydrauliques et météorologiques du ministère des eaux, de l'énergie et des mines à Maseru.

Applications présentes. La division des Eaux du ministère du développement rural a installé 50 moulins environ en provenance d'Afrique du Sud afin d'approvisionner les villages. Certaines de ces éoliennes ont éte source de problèmes et quelques-unes ne sont pas en service. Les moulins sont souvent installés dans des lieux peu appropriés. Cette infrastructure a été plainifiée sur la base des cartes éoliennes dont disposaient les fabricants en Afrique du Sud et le rendement des trous de forage était souvent plus faible que prévu. On a fréquemment constaté que les réservoirs d'eau en acier galvanisé étaient de dimensions insuffisantes, ce qui causa des pénuries et conférera une mauvaise image de marque aux éoliennes. Certains puits se sont asséchés, ce qui a endommagé les joints en cuir des pompes. Les capacités d'entretien ont parfois fait défaut, causant ainsi des interruptions de service inutiles. On croit que toutes ces raisons ont conduit le ministère du développement rural à se désintéresser des applications de l'énergie éolienne.

Recherche et développement. Peu de travaux de recherche et de développement ont été entrepris en raison de la présence toute proche des fabricants et des distributeurs sud-africains d'éoliennes de pompage. Il convient de

signaler toutefois que le programme de développement rural intégré Thaba Tseka a lancé un programme de promotion de l'énergie éolienne dans les régions montagneuses. On a effectué des mesures anémométriques en plusieurs endroits et deux moulins à vocation commerciale ainsi qu'un rotor Savonius construit sur place font actuellement l'objet de tests. Une éolienne a été testée dans l'optique d'assurer l'éclairage des cliniques locales. Le moulin a connu un certain nombre de problèmes électro-mécaniques en raison des vents forts qui se manifestent occasionnellement. On a effectué des réparations à plusieurs reprises, mais l'éolienne (modèle Windcharger de 24 v, 200 w, fabriqué par Winco) ne s'est pas avérée fiable. La pompe à eau fonctionne selon un processus en deux étapes: un bélier hydraulique permet d'amener l'eau en haut d'une colline et la pompe l'achemine de l'autre côté de la colline jusqu'au village. Les essais n'ont pas encore été achevés. Le rotor Savonius a été terrassé par les rafales et serait peut-être reconstruit. Le personnel du programme Thaba Tseka a analysé des données anémométriques sur d'autres régions du Lesotho et a effectué une évaluation écomique du potentiel éolien ainsi que d'autres sources d'énergie locales.

L'institut oecuménique agricole Thaba Khupa dirige une forge en vue de former des jeunes et de fabriquer des outils agricoles. Il a construit un rotor Savonius qui est actuellement soumis à des tests en zone de plaine, dans le cadre d'un programme d'irrigation de jardins potagers.

MALI

Ressources en eau. Les principales ressources en eau au Mali sont les fleuves Niger et Sénégal ainsi que des puits peu profonds creusés manuellement dans les zones frontalières. Les moulins installés près de Sama tarissent l'eau des puits pendant la saison sèche.

D'une façon générale, on constate que la force des vents s'accentue lorsque l'on remonte du sud (puissance assez faible, de 1 à 3 m/s) vers le nord où la moyenne anémométrique annuelle atteint 5 m/s. Gao, qui se situe près de la boucle du fleuve Niger connaît une moyenne annuelle de 4 m/s. Kone, de l'Ecole Nationale d'Ingénieurs du Mali a analysé les données anémométriques locales. L'inconvénient majeur pour ce qui est du potentiel éolien au Mali est que la région méridionale, qui abrite la plus grande partie de la population, est la zone de vent la plus faible. Dans leur étude sur l'énergie éolienne au Sahel, Paulissen et Van Doorn ont indiqué que la vallée du Niger, de Ségou à Gao, est une région peuplée, dotée de vents modérés et de bonnes ressources en eau.

Applications présentes. Dans les années 50, 35 moulins à vent de pompage Aermotor et Game furent installés dans la région de Gao. Après quelques années seulement de service, les éoliennes sont toutes tombées en panne. Au début des années 60, beaucoup d'entre elles ont été remises en service, mais les travaux d'entretien ayant été insuffisants, elles ont à nouveau cessé de fonctionner quelques années plus tard. Il semble que plusieurs missions catholiques disposent d'installations électriques mues par l'énergie éolienne, qui sont probablement d'origine française.

En mai 1980, un moulin de pompage, modèle Sahores a été installé au village Sama, près de Ségou afin d'irriguer les jardins potagers de la communauté.

Deux hommes de la tribu Bozo se sont chargés des travaux et ont reçu le concours d'un travailleur bénévole du Corps de la Paix, David Benafel et du père Jean Plasteig de la mission catholique à Ségou. VITA a apporté une contribution technique au projet. Le père Plasteig a construit dans son atelier plus de vingt prototypes à l'aide principalement de bois, de bambou, de tôles, etc. Il a également expérimenté l'aluminium. Il assure maintenant des cours de formation à l'intention des villageois qui viennent et construisent les engins dans son atelier. David Benafel fit une demande de subvention à VITA qu'il obtint en mai 1981 pour constuire six éoliennes supplémentaires à Sama, Dioro et Tibi. Les résultats sont encourageants et plusieurs moulins sont actuellement en service. Bien que certains déboires aient été rencontrés, en raison principalement des tours trop fragiles pour soutenir les éoliennes, les machines ont été, dans de nombreux cas, réparées et entretenues par les villageois eux-mêmes. Toutefois, il a fallu avoir parfois recours à des techniciens du Corps de la Paix. VITA a l'intention de financer une deuxième phase du projet qui mettra l'accent sur la formation en matière d'entretien. Le Laboratoire d'Energie Solaire à Bamako et VITA assurent le soutien technique et l'évaluation de la performance de ces éoliennes.

Recherche et développement. Le professeur Bectine, de l'Ecole Nationiale d'Ingénieurs a construit avec ses étudiants un rotor Savonius de 13 mètres de hauteur et l'a installé en tant que prototype de tests dans une localité près de Bamako. Malheureusement, les résultats expérimentaux indiquent une performance anormalement élevée.

La Laboratoire d'Energie Solaire à Bamako a entrepris une étude sur le potentiel éolien dans plusieurs régions du Mali avec le concours technique de l'Institut de recherche sur l'énergie solaire (Solar Energy Reearch Institute, SERI) et VITA. On a établi des relevés anémométriques. Les travaux de conception et les tests de performance se poursuivent et se centrent principalement sur le modèle Sahores à pales multiples. A ce jour, les essais indiquent une bonne performance du rotor. Celui-ci a un diamètre de 3 mètres, 16 pales recourbées en métal montées sur des espars de bambou et reliées par quatre câbles communs disposés en drapeau, ce qui assure une solidité de 48%. Les recherches vont maintenant privilégier les systèmes de transmission et de tringlerie.

MAURITANIE

Ressources en eau. L'eau est une ressource aléatoire en Mauritanie. La principale source d'eau de surface est le fleuve Sénégal à la frontière méridionale. Des puits d'une profondeur variant entre 5 et 100 mètres sont disséminés ça et là dans tout le pays. La nappe phréatique qui alimente Nouakchott, la capitale devrait, selon les prévisions, être épuisée dans moins de dix années.

Données anémométriques. En règle générale, les vents sont relativement forts près des côtes. Leur puissance décroît à mesure que l'on va vers l'est et le sud. Les relevés des dix dernières années sur Nouakchott indiquent une vitesse moyenne annuelle de 4,8 m/s, mais ces chiffres tombent à 2,6 m/s pour Kiffa et à 0,85 m/s pour Matam, une localité sénégalaise

située près des rives du fleuve. Les régions côtières disposent globalement d'un bon potentiel éolien.

Aerwatt, compagnie française specialisée en énergie éolienne envisageait à une époque d'installer des équipements anémométriques additionnels en Mauritanie. Les détails de cette entreprise ne sont pas à l'heure actuelle disponibles.

Applications présentes. A ce jour, on n'a connaissance d'aucun projet en cours relatif à l'énergie éolienne en Mauritanie mais l'on sait que plusieurs moulins de pompage modèle Game ont été installés pendant l'administration française. Toutes ces éoliennes ont connu des défaillances mécaniques, probablement dûes à un manque d'entretien. Les turbulences de sable sont un facteur important en Mauritanie. Il convient donc de n'installer que des machines adaptées à ces conditions climatiques. Il faudra probablement assurer une lubrification régulière des charnières de l'empennage si l'on veut éviter que les mécanismes s'enrayent lorsque le vent monte. Toutes les éoliennes installées près des côtes devront être repeintes (ou protégées par un revêtement spécial) afin de résister à l'effet corrosif de l'air marin.

Recherche et développement. Pour l'heure, aucuns travaux en la matière n'ont été répertoriés. Toutefois, William Hughes, expert-conseil volontaire de VITA a récemment effectué une étude sur le potentiel éolien de la Mauritanie. L'essentiel des renseignements susmentionnées sont tirés de son rapport.

SENEGAL

Ressources en eau. On dispose d'évaluations assez précises sur les ressources en eau au Sénégal qui proviennent du bassin du fleuve Sénégal et de nappes souterraines assez abondantes dans la plupart des régions du pays. Les trous de forage ont couramment une profondeur de 20 mètres. La partie méridionale du pays est la plus arrosée. Les précipitations s'amenuisent vers le nord.

Données anémométriques. La côte septentrionale du Sénégal est bien exposée. Les vents deviennent plus modérés à l'intérieur des terres et au sud. Sur les côtes, on enregistre une moyenne annuelle de 4 m/s (indications de Paulissen et de Van Doorn). La période où les alizés qui soufflent du nord sont les plus forts s'étend approximativement de la mi-novembre à la mi-juin. A cette époque, qui correspond par ailleurs à la saison sèche, il n'est pas rare que les vents atteignent pendant la journée une vitesse de 8 m/s. Dans leur étude sur l'énergie éolienne dans la région du Sahel, Paulissen et Van Doorn concluent que la zone côtière septentrionale et le bassin du fleuve Sénégal offrent un potentiel éolien dans un cas favorable, dans l'autre modéré, lorsque l'on prend en considération tant les ressources en eau que les ressources éoliennes.

Les récents travaux de Le Gourières confirment les conclusions de Paulissen et de Van Doorn. A Dakar, on a enregistré pour les vents soufflant de la côte 442 kwh/m^2 (50 w/m^2) et 164 kwh/m^2 seulement à Kaolack. Les vents

soufflent généralement du nord et de l'ouest et ne connaissent que de faibles variations saisonnières.

Applications présentes. Paulissen et Van Doorn font état de quelques utilisations expérimentales de modèles Sahores au Sénégal. Ces résultats s'expliquent comme en Haute-Volta par la faible solidité des éoliennes. Il semblerait néanmoins que Caritas-Sénégal ait récemment installé deux turbines électriques mues par l'énergie éolienne pour actionner des pompes électriques. AFRICARE aurait obtenu un financement pour la construction d'un rotor Savonius. En outre, Lay Volunteers International Association a installé 4 pompes Grosseto près de Thies (projet Peycouk). Ces machines sont actionnées par un vent de 1,6-1,8 m/s et peuvent assurer l'approvisionnement en eau des ménages et satisfaire les besoins d'irrigation d'un village. L'ingénieur qui collabore au projet Peycouk est Giuseppe Deccaria.

Recherche et développement. Plusieurs groupes tentent d'impulser la production locale de petits rotors. Les moulins Savonius et Filippinni ont remporté un certain succès. D.V. Nguyen de l'Ecole Polytechnique de Thies a effectué des essais sur les tunnels aérodynamiques des rotors Savonius et Filipinni, en testant de différentes configurations géométriques. A l'heure actuelle, on ne dispose d'aucune information sur des quelconques travaux de construction à grande échelle.

Le Centre d'Etudes et de Recherches sur les Energies Renouvelables récemment mis sur pied à l'Université de Dakar a effectué des essais sur un rotor Savonius construit par la compagnie d'économie mixte, la Société Industrielle des Applications de l'Energie Solaire (SINAES). Il semble bien que certains problèmes techniques se soient manifestés, notamment pour protéger le rotor des rafales (il a été endommagé une fois). SINAES a été instituée par en vue d'assurer des services de soutien technique pour le gouvernement. L'université a également construit plusieurs rotors Savonius de grandes dimensions et une éolienne giro/Savonius de 15 mètres.

SOMALIE

Ressources en eau. La Somalie connaît des précipitations annuelles moyennes de 329 mm, les pointes ne dépassant pas 500 mm par an quelle que soit la région considérée. Les saisons des pluies s'étend de mars a mai et en décembre. Pour ce qui est des quatre régions à forte concentration de réfugiés, la situation est la suivante: les camps de la région de Gedo disposent de ressources en eau suffisantes grâce à la rivière Juba; il en est de même pour les camps situés dans la zone Belet Van du district de Hiran qui s'approvisionnent grâce à des puits creusés manuellement; les camps de la région nord-ouest dépendent des mêmes types de puits alimentés par les rivières lorsqu'elles ne sont pas asséchées et dans la région de terres basses le lit de la riviére Shebelli est à sec depuis février 1981. Grâce à un financement du Haut Commissariat aux Réfugiés des Nations Unies (HCR), l'UNICEF a prévu le forage de 150 puits dans les camps de réfugiés des quatre régions à partir de mars 1981.

Données anémométriques. Des membres du corps professoral de l'Université Nationale de la Somalie à Mogadiscio ont récemment fait paraître deux

études fouillées sur les ressources éoliennes du pays. Toutes deux font état d'un excellent potentiel éolien. D'Angelo et al indiquent une moyenne nationale de 5 m/s environ. A Hargeisa, des moyennes annuelles de 7,6 m/s ont été relevées. Les travaux de Pallabazaar, tout en étant plus détaillés puisqu'ils couvrent 19 pays, ont le défaut d'avoir été basés sur l'emploi de facteurs de correction de hauteur anormalement élevés. Lorsque l'on divise ses chiffres, les valeurs obtenues sont en général comparables à celles D'Angelo et al. Pallabazaar aborde néanmoins la méthode de collection des données qu'il a suivies et précise que les renseignements proviennent soit de lectures instantanées des relevées, soit des anémomètres et que diverses méthodes d'échantillonnage ont été utilisées. Il conviendrait à l'avenir de procéder à une analyse plus cohérente et plus globale.

Pallabazaar traite également de façon assez détaillée des variations saisonnières des vents. Les quatre saisons sont les suivantes: 1) Jiilaal--de mi-décembre à mi-mars, les vents de la mousson soufflant du nord-est; 2) Gu'--de mi-mars à la fin de mai, avec vents irréguliers et pluies; 3) Xagaa--de juin à septembre, les vents humides de la mousson soufflant du sud-est et 4) Beyr--d'octobre à mi-décembre, avec des vents irréguliers.

En dernière instance, D'Angelo présente une discussion sur les incidences économiques des pompes qui confère l'avantage à l'énergie éolienne par rapport au gas-oil.

Applications présentes. Dans le passé, plusieurs moulins à pales multiples ont été installés en Somalie à des fins de pompage, mais la plupart ne se sont plus en service en raison du manque de pièces détachées, de personnel qualifié pour assurer un d'entretien efficace et des faibles prix de l'énergie durant les années 50 et 60.

Recherche et développement. VITA a proposé au HCR de construire cinq moulins près des camps de réfugiés dans la région Hiran à des fins de pompage. Parallèlement, le personnel de l'organisation et les réfugiés seraient formés pour exploiter et maintenir ces machines en état. On procéderait à une évaluation du projet en vue d'une diffusion éventuelle des moulins dans d'autres pays.

Abdirazah M. Bihi, doyen de la faculté d'ingénierie de l'Université Nationale de la Somalie a présenté à USAID-Somalie un projet d'installation et de tests portant sur cinq pompes à vent qui seraient implantées dans différentes régions du pays. Trois de ces moulins seront construits à partir d'éoliennes actuellement hors d'usage. Le projet mettra l'accent sur le développement des capacités d'exploitation et d'entretien locales, sur l'évaluation du potentiel éolien et de l'impact économique des pompes et éventuellement sur la promotion de capacités de production locale. L'assistance technique étrangère sera assurée en partie par Peter Bruijs de Experience, Inc., Bud Kellums, participant au projet de développement des ressources en eau de USAID et probablement par VITA.

SOUDAN

Ressources en eau. Les précipitations annuelles varient de 76 mm dans le désert septentrional, 180 mm à Khartoum et atteignent 1.122 mm à Wau. Les

nappes phréatiques se trouvent à des profondeurs de 10 mètres à Kassala, de 30 mètres et plus à Gezira. Les réserves d'eau en surface comprennent entre autres le Nil et le Gash. Le niveau des eaux souterraines et de surface monte très nettement au cours de la saison des pluies en été.

Données anémométriques. Les données rassemblées dans le rapport Bhaldrum (mémoire no 7) du service météorologique soudanais en 1964 et reprises en partie dans les travaux du docteur Hamid et du SWD indiquent un potentiel éolien que l'on peut qualifier de modéré à bon. A Khartoum, on a enregistré une vitesse moyenne de 4,3 m/s. Ces vents se maintiennent à un niveau quasiment constant durant toute l'année. Les vents forcissent quand on remonte vers le nord mais sont d'une puissance comparable dans l'ensemble des zones centrales et septentrionales du pays. Les vents forts occasionnels et les "Haboobs" (tornades du désert) exigent l'installation de pylônes solides.

Sur la côte de la mer Rouge, on enregistre par endroit des brises de mer régulières de 4 à 7 m/s durant la plus grande partie de la journée. Hamid et le SWD envisagent de continuer à collecteur des données sur tout le territoire national.

Applications présentes. Dans les années 50, près d'une centaine de moulins à vent de fabrication britannique, de 5 mètres de diamètre et à pales multiples ont été installés dans la région de Gezira en vue d'approvisionner les villages en eau. A l'heure actuelle, ils sont tous hors service en raison du manque de pièces détachées (le fabricant a cessé ses activités), d'un entretien défaillant et de choix économiques discutables. Dans une analyse de coûts comparatifs de 1979, le conseil de Gezira conclut que les systèmes éoliens sont plus onéreux que les engins diesel en raison de la nécessité, dans le premier cas, de disposer de grands châteaux d'eau. Les besoins de pompage sont assurés par des systèmes diesel, mais leur rentabilité économique s'est certainement dégradée au vu de l'augmentation des prix du pétrole en 1979. On a privilégié les pompes du type Mono ou à turbines par rapport aux pompes alternatifs à pistons en raison de l'usure trop rapide des rondelles de cuir. L'installation de pompes à vent au Soudan se heurte, selon certaines sources, au problème de la poussière. Il conviendrait de construire des pompes de haute fiabilité, bien étanches. Stuart Wilson indique que l'installation de moulins australiens a été envisagée dans le cadre d'une seconde tentative visant à disséminer des éoliennes de pompage à usage commercial en 1975. Le Conseil National de la Recherche a étudié l'éventualité d'installer deux moulins australiens à Soba, à des fins expérimentales.

Recherche et développement. Les seuls travaux connus en matière de recherche et de développement de l'énergie éolienne sont ceux du département du génie mécanique de l'Université de Khartoum sur une conception de prototype en 1975. Wilson souligne néanmoins que de petites éoliennes génératrices d'électricité pourraient jouer un rôle significatif pour promouvoir le développement dans les villages. Toutefois, ce projet ne s'est pas à l'évidence encore matérialisé. Il propose par ailleurs des recherches concernant les éoliennes à voilure de prix modique.

En coopération avec le SWD, le docteur Hamid a suggéré la création en juillet 1980 d'un centre de recherches sur l'énergie éolienne à l'Institut

de l'Energie à Khartoum (branche du Conseil National pour la Recherche) en vue de concevoir, de mettre au point et de tester des moulins de pompage adaptés aux capacités de production du Soudan. Il semblerait que le projet n'ait pas encore démarré en raison de certains retards.

TANZANIE

Ressources en eau. En matière de ressources en eau, la Tanzanie peut être divisée en deux régions selon une ligne imaginaire qui irait de la pointe septentrionale du Lac Malawi à la côte nord. Les zones situées au sud de cette ligne bénéficient de bonnes sources d'eau en surface, telles que les cours d'eau. Au nord de cette ligne imaginaire, on peut qualifier le climat de semi-aride. Si l'on fait abstraction de la région des lacs, les sources d'approvisionnement les plus courantes au nord sont les puits. Certaines localités, telles Shinyanga près du Lac Victoria disposent d'un nombre croissant de puits creusés manuellement à une profondeur de plus de dix mètres en général. Dans la région d'Arusha, les nappes phréatiques se situent beaucoup plus profondément dans le sol, à une soixantaine de mètres environ.

Données anémométriques. Parkes a effectué une étude approfondie (1974) rassemblant des données à l'aide d'anémomètres à coupelles et de compteurs qui enregistrent la vitesse, la pression du vent ainsi que des estimations du vent de Beaufort dans de nombreuses localités en Tanzanie. Il a répertorié ces données dans soixante endroits différents. Il a déduit la distribution des fréquences du vent à partir des relevés de pression effectués par anémographe dans cinq localités et établit des estimations du vent de Beaufort dans 13 emplacements. Les résultats obtenus dans certaines localités par le regroupement de relevés provenant de différentes origines ne sont pas cohérents sur le plan des chiffres, en conséquence la fiabilité globale des données, particulièrement en ce qui concerne les courbes de distribution du vent de Beaufort, ne peut être garantie. Weir (1979) a analysé les données recueillies par Parkes (1974) mais son rapport n'est pas disponible à l'heure actuelle. Néanmoins, en se basant sur les données de Parkes, on peut caractériser le potentiel éolien comme étant globalement moyen. Les zones situées à proximité des sources d'eau présenteront de bonnes possibilités. Sur la côte orientale, les pointes nord et sud aux alentours de Lindi et de Tanga sont bien exposées tandis que vers la partie centrale de la côte, autour de Dar-Es-Salaam, les vents ne sont que de force modérée. Les régions des lacs à l'ouest près de Kigoma et de Mwanza (Shinyanga) connaissent des vents relativement forts et stables. Sur le plateau central, près de Dodoma, les vents sont assez puissants à certaines périodes de l'année mais faibles à d'autres. Les autres villes à l'intérieur des terres comme Arusha, Moshi et Morogoro ne disposent que de vents relativement faibles.

L'Université de Dar-Es-Salaam a entrepris des recherches en vue de mettre au point des dispositifs simples et bon marché pour évaluer le potentiel éolien. Weir (1979) a élaboré un système de compteur à coupelles multiples en vue d'évaluer la répartition des fréquences du vent. Reichel (1977) a construit un dispositif enregistreur des fréquences des vents de prix modique. Ces deux systèmes sont expérimentaux.

Si nombreuses encore sont les recherches à entreprendre, il n'en reste pas moins que la Tanzanie a bien progressé dans son évaluation du potentiel éolien national.

Applications présentes--Recherche et développement. La Tanzanie est un des pays africains les plus actifs en matière de développement des éoliennes. Il convient de noter l'utilisation de moulins de pompage importés d'Australie et plus récemment, la mise au point de prototypes conçus localement par la collaboration de diverses institutions.

Parkes (1974) a répertorié l'installation d'une trentaine de moulins de pompage importés à pales multiples dans le pays, principalement dans les environs de Shinyanga et de Dodoma. La majorité d'entre eux avaient été installés plusieurs années auparavant, et un tiers environ étaient encore en état de fonctionnement en raison d'un manque de pièces détachées et dans certains cas, de la corrosion causée par l'eau de mer. Parkes indique dans son rapport que la plupart des installations ont bien fonctionné pendant une dizaine d'années, toutefois, selon certains renseignements recueillis dans la région de Singido, les éoliennes n'etaient jamais fiables. Vers la fin des années 60 et le début des années 70, dix moulins supplémentaires d'origine australienne ont été installés dans différentes régions de la Tanzanie et fonctionnaient de façon satisfaisante, assurant l'approvisionnement des villages en eau et l'abreuvement du bétail.

Au début des années 70, F. Van de Laak qui participait au projet de construction de puits peu profonds dans la région de Shinyanga expérimenta le rotor Brace Savonius et d'autres prototypes conçus localement. Malheureusement aucun modèle fiable ne fut jamais mis au point. Après la rédaction du rapport Parkes, plusieurs institutions dont les facultés d'agriculture (Morogoro), d'ingénierie (Dar-Es-Salaam) et le ministère des Eaux, de l'Energie et des Minéraux (MAJI) lancèrent des programmes de recherches et de développement sur les éoliennes. Le MAJI commença par installer quelques moulins Comet à Dodoma. Par la suite l'accent fut mis sur les modèles qui pourraient être construits en Tanzanie. L'atelier du MAJI à Ubungo a mis au point un moulin de 6 mètres de diamètre à pales multiples qui actionne une pompe Mono à l'aide d'un ancien essieu de camion. Le MAJI a également participé aux travaux de l'éolienne d'Arusha (voir ci-dessous). Reichel (1978) indique qu'en 1977 le MAJI lança avec le concours de l'Australie un projet visant à installer 130 moulins de pompage Southern Cross dans diverses régions du pays sur une période de trois ans. En janvier 1982, 100 moulins avaient été installés.

La Faculté d'agriculture à Morogoro a mis au point un grand moulin à voilures, modèle Cretan qui actionne une meule pour la mouture des grains. On ne dispose pas de renseignements précis, mais ce projet est intéressant car il constitue en Afrique la seule tentative connue en vue d'exploiter l'énergie éolienne pour le broyage des grains. L'une des premières utilisations de l'énergie éolienne et l'une des plus répandues étaient précisément la mouture du grain mais très peu de travaux ont été accomplis dans ce sens récemment. Il existe en Afrique un grand nombre de concasseurs fonctionnant au diesel et le remplacement par l'énergie éolienne pourrait avoir d'importantes répercussions.

Le département du génie mécanique de l'Université de Dar-Es-Salaam a construit plusieurs moulins de pompage. Une éolienne "Pedersen" équippée d'un rotor de 3,6 mètres de diamètre et de six pales actionne une pompe à pistons à des fins d'irrigation au centre de recherche tanzanien sur les aliments et la nutrition (Tanzania Food & Nutrition Center) à Dar-Es-Salaam. Le département a également achevé la conception et la mise au point d'un rotor "Protzen Sumai" de 4 mètres de diamètre, qui selon Reichel (1978) dispose d'un système de transmission "à vitesse variable."

Le département du génie électrique a construit plusieurs moulins de petites dimensions, y compris un Savonius et un prototype à axe horizontal disposant de pales en bois dur local. Le départment a également effectué des tests sur un Bosman de 400 w et un générateur Bruemer de 1,2 kw actionné par énergie éolienne. Reichel (1978) indique aussi que le département a achevé une étude de faisabilité sur l'utilisation de l'énergie éolienne aux fins d'électrification des campagnes grâce à une centrale électrique de 45 kw installée dans un village.

Depuis 1976, des études ont été entreprises dans le cadre du projet de technologie appropriée d'Arusha afin de dégager tout une gamme d'applications de l'énergie éolienne. En 1977, Volunteers in Asia et VITA ont publié une brochure présentant des plans pour les pompes à vent entièrement en métal. Le rotor se compose de six pales de tôle disposées de sorte que le dispositif est de 5 mètres de diamètre contre le vent. Le prototype original était équipé d'un ralentisseur et d'un arbre-manivelle à culbuteur. Un frein manuel avait également été prévu. A une vitesse de 5,4 m/s (12 mph) on enregistra un débit de 2,3 m^3/h (turbine de 5 cm de diamètre, pompage à 55 m de profondeur). Une coopérative d'Arusha, Ujuzi Leo Industries, a entrepris la production de cet équipement. Dix unités environ ont été installées. Reichel (1978) indique que la distorsion des pales a posé des difficultés, entraînant des dégâts graves sur quelques unités.

Depuis la publication du manuel, les systèmes de transmission, de freinage et d'empennage ont été considérablement modifiés. On a éliminé les roues de réduction, l'empennage a été allongé et orienté de façon à induire un effacement automatique et l'arbre de freinage a été amélioré. Le modèle original exigeait une maintenance fréquente mais a été amélioré grâce à des roulements étanches. Le nouveau modèle comprend aussi une tige d'extension avant sur le rotor et des câbles de tension radiaux pour la renforcer.

En 1980, le coût de production s'élevait à 1.925 dollars américans (modèle préfabriqué à monter). Deux nouvelles versions au moins de la machine Arusha ont été construites. Wolfgang Wassertahl, volontaire allemand a commencé l'expérimentation de pales en aluminium. Par ailleurs, le SWD fait état d'autres modifications apportées aux prototypes qui s'apparenteraient au modèle néerlandais WOT.

C'est la seule unité de production connue en Tanzanie et elle a fait face à des difficultés. L'octroi des fonds nécessaires à l'achat des outils s'est fait attendre ce qui a gravement entravé les capacités de production.

L'AATP a également conduit des tests sur un aéromoteur construit localement pour la production d'électricité et sur un rotor Savonius. On a également

construit des équipements annexes au moulin Arusha aux fins d'actionner mécaniquement une foreuse et de petits concasseurs de grains.

En 1977, les pères Maryknoll appuyés par le SWD ont effectué une étude de faisabilité sur les éoliennes dans la région de Mara. Ils ont relevé des vents hautement saisonniers, à régime modéré qui pourraient s'avérer suffisants pour le pompage de l'eau. Il convient de souligner que les vents atteignaient leur vitesse maximale durant la saison sèche. Une analyse économique préliminaire indique que les moulins à vocation commerciale pourraient concurrencer favorablement les pompes diesel ou électriques. Des moulins fabriqués localement pourraient être encore plus compétitifs. Un programme de construction de moulin pilote a été envisagé mais sa réalisation ne semble pas encore avoir été amorcée.

TUNISIE

Données anémométriques. Une étude effectuée en 1978 par l'Association pour le Développement et l'Animation Rural (ASDEAR, Tunis) et le SWD (Hollande) fournit des données anémométriques et quelques conclusions préliminaries sur certaines régions bien exposées en Tunisie. L'étude présente des histogrammes sur le cycle des vents et des calculs sur l'énergie annuelle disponible dans 11 emplacements représentatifs de la quasi-totalité du pays. Les histogrammes indiquent des vents puissants mais les calculs donnent une vitesse maximale annuelle de 214 kW/h/m^2 (25 w/m^2) à Gafsa et une puissance minimale de 67 kW/h/m^2 (8 w/m^2) à Tozeur. Ces calculs traduisent un régime assez faible, toutefois on ne dispose d'aucune information quant à la durée de la période de relevés, la méthode d'enregistrement des données ou l'exposition des anémomètres. Les vents atteignent leur force maximale au printemps. Le rapport indique également que selon les premières analyses, la région septentrionale du pays est plus exposée que la zone méridionale.

Applications présentes. Selon l'étude précitée, 1.200 éoliennes importés à pales multiples ont été installées en Tunisie à des fins de pompage. Leur installation dans des entreprises agricoles d'Etat ou privées ou près de puits publics date de quelques années. A l'heure actuelle, un grand nombre d'entre elles ne sont plus en service. Le rapport mentionne également l'existence de quelques aéromoteurs pour l'éclairage et le chargement d'accumulateurs.

La ville d'Hammamet sur la côte nord-ouest a fait l'objet d'études détaillées. L'utilisation d'éoliennes importées remonte aux années 20 et vers 1960 on en dénombrait environ 200. A partir de cette date, on enregistre un ralentissement du rythme des installations nouvelles en raison des subventions gouvernementales octroyées pour l'implantation de pompes électriques et diesel.

On comptait au nombre des unités installées des modèles à équipement apparent (Samson, Aermotor, Dandy, etc.) et quelques modèles Aermotor à équipement enclavé, protégé par un bain lubrifiant. Le débit moyen des moulins (diamètre de 3,6 à 4,8 m) s'élevait à 50 m^2 par jour pour une nappe située à 15 mètres de profondeur environ. En 1978, 25% des éoliennes étaient en

service, 6% étaient réparables et 69% irrécupérables. Les causes des défaillances des moulins étaient les suivantes: tempêtes (34%), usure des pompes (23%), détérioration de l'équipement (17%), manque d'entretien (13%), divers maintenance. Les pièces détachées nécessaires étaient démontées de moulins hors d'usage dans différentes régions de la Tunisie. Certains réparateurs sont restés, mais les pièces détachées sont difficiles à trouver ou inexistantes. La production de la plupart de ces modèles a cessé. Il est intéressant de noter que les modèles à équipement apparent se sont détériorés plus rapidement (surtout au niveau des bagues) au cours d'années de fonctionnement en environnement sableux que les modèles lubrifiés à enclavement.

L'étude conclut que des efforts soutenus en vue de remettre ces moulins sur pied n'auraient qu'un succès limité vu l'âge des machines et la pénurie de pièces détachées (exception faite des Aermotors avec bain lubrifiant) et que les frais de réparation de ces équipements lourds seraient élevés. A souligner toutefois que les pylônes sont généralement en bon état. L'étude recommande l'importation de pièces détachées en vue de réparer les modèles Aermotors avec bain lubrifiant et la fabrication de nouvelles têtes de moulins pour coiffer les anciens pylônes.

Recherche et développement. Suite aux recommandations de l'étude sur Hammamet, l'ASDEAR, le SWD et le centre de recherche sur le génie rural ont entrepris la fabrication de nouvelles têtes de moulin. L'objectif était de construire une machine plus legère de moindre maintenance et de meilleur rendement selon différents régimes de vent. Un modèle tout en acier mis au point à l'université Twente en Hollande a été retenu. Le modèle a été construit à partir d'acier obtenu sur place, il comprend un rotor en tôle légère, un système bielle-manivelle (sans engrenages), des roulements étanches et des bagues en nylon. Le moulin devait être essayé avec deux nouveaux modèles de pompes--une à cylindre classique avec piston de régulation du débit et l'autre à membrane. Des efforts ont été entrepris pour collaborer avec les réparateurs de moulins à Hammamet. En avril 1981, trois prototypes avaient été construits. A partir de ce stade, les progrès restent mitigés. Le succès des efforts de réparation des Aermotors est également incertain.

L'étude du ASDEAR et du SWD présente également une comparaison économique des moulins améliorés et des pompes électriques ou diesel. La conclusion est que dans les zones où l'électricité est disponible, l'option la plus avantageuse sera certainement la pompe électrique, mais dans les zones plus reculées l'énergie éolienne constituera la meilleure alternative.

ZAMBIE

Ressources en eau. La Zambie est globalement bien dotée en sources d'eau souterraines. Les travaux de forage avoisinent 4.500 m par an. Le diamètre courant d'un petit puits est de 15 cm, la profondeur de 55 m. Les forages sont exécutés par plusieurs compagnies privées et par le Ministère des Eaux. En 1970, on répertoriait 3.000 puits de forage.

Données anémométriques. Le régime des vents est généralement assez faible en Zambie; la moyenne varie de 2 à 4 m/s selon l'emplacement. Le département zambien de la météorologie relève des données dans différentes régions. Les vents atteignent leur puissance maximale au cours de la saison sèche.

Applications présentes. Un grand nombre (plusieurs centaines) d'eoliennes à pales multiples sont en service dans le district de Lusaka. Trois concessionnaires assurent la commercialisation de moulins à pales multiples en provenance de L'Australie et de l'Afrique du Sud. Les clients sont les exploitants agricoles privés (approvisionnement en eau, consommation humaine et animale) et le Ministère des Eaux.

Certains de ces moulins ne sont plus en service en raison de travaux insuffisants de vidange et de graissage, du vol des pièces détachées et d'un mauvais réseau de distribution de pièces détachées. Selon une source qui habitait récemment à Magoye, Family Farms Ltd. construit à petite échelle des petites éoliennes à pales multiples, des pylônes et des pompes pour l'abreuvement du bétail et l'irrigation de petits lopins de terre. Ces moulins servent surtout à la montée d'eau en faible profondeur, comme le pompage des cours d'eau.

Une analyse économique effectuée par l'Unité Consultative de Développement Economique (Technology Development and Advisory Unit, TDAU) indique qu'à l'heure actuelle les éoliennes de grandes dimensions (7,6 m de diamètre) à usage commercial sont plus rentables que les pompes diesel à Lusaka (régime annuel du vent: 3,5 m/s). A mesure que les prix du gas-oil augmentent, les petites éoliennes vont également s'avérer plus rentables que les pompes diesel.

Recherche et développement. Pour l'heure, on n'a connaissance que d'un volume de travaux assez limité dans ce domaine. Il convient de mentionner toutefois que le TDAU a coordonné la mise sur pied d'un groupe de recherches sur l'énergie éolienne. Ce groupe qui rassemble des concessionnaires et les ministères de l'Agriculture et des Eaux est d'avis que l'utilisation d'éoliennes devrait être encouragée pour assurer l'approvisionnement en eau des communautés (consommation humaine et animale) et qu'il faudra s'attacher à résoudre les problèmes rencontrés antérieurement. Dans un proche avenir, on envisage également de démarrer la production locale d'éoliennes.

ZIMBABWE

Ressources en eau. Le Zimbabwe dispose de bonnes ressources en eau. Les sources d'eau de surface sont nombreuses. Selon une étude relative aux nappes souterraines en Afrique parue récemment, le rendement d'un puits au Zimbabwe n'est quasiment jamais inférieur, quel que soit l'endroit, à 0,5 m^3/h.

Données anémométriques. A ce jour, VITA ne dispose d'aucune information sur le potentiel éolien au Zimbabwe, exception faite des observations de Stuart Spence consignées dans un document récent. Le régime du vent est générale-

ment faible et durant quelques mois de l'année, il n'y a quasiment pas de vent du tout.

Applications présentes. VITA ne dispose pas de renseignements exacts sur le nombre d'éoliennes installées au Zimbabwe. Un auteur rapporte qu'un certain nombre de moulins à pales multiples sont en service dans les régions rurales. Certaines exploitations agricoles sont très probablement équippées d'éoliennes. Selon le Révérend Brian McGarry, les capacités de production locales sont en cours de développement.

Recherche et développement. Les travaux de R&D sur les éoliennes au Zimbabwe sont encore limités. L'Institut des ingénieurs agricoles (Institute of Agricultural Engineers, IAE) près de Harare a entrepris quelques recherches. Trois systèmes éoliens de petites dimensions (Cretan, Savonius, moulin à pales multiples) ont été construits. L'Institut s'est heurté à un grand nombre de problèmes techniques et les modèles sont en train d'être modifiés. Le gros des travaux est orienté vers le pompage de l'eau mais la pose d'un alternateur sur un rotor Savonius a également été expérimentée. A l'IAE, Spence a élaboré un modèle d'éolienne compétitif coûtant environ 2.500 dollars zimbabwe qui comprend: un rotor de 3,6 m de diamètre, un pylône de 10 mètres, un système de conduites et d'équipements accessoires pour le pompage de l'eau à une profondeur de 40 mètres. On prévoit un débit de 3.000 litres par jour pour une vitesse moyenne du vent de 3 m/s.

Un programme de formation de forgerons mis sur pied à la Bethlehem Mission Society à Gwolo a été organisé à l'intention des jeunes. Il vise la conception et la mise au point de technologies appliquées au milieu rural, dont la construction d'éoliennes pour pomper de l'eau et produire de l'électricité. A ce jour, on ne dispose pas de renseignements exacts quant au type de modèles ou aux résultats obtenus.

NOTES

Djibouti. En juillet 1981, le SWD a entrepris une étude de faisabilité pour le compte de l'organisation d'assistance technique ouest-allemande, la G.T.Z. Les résultats ne sont pas encore disponibles.

Guinée-Bissau. Aucune étude théorique sur le potentiel éolien n'a encore été entreprise. Bien que le régime des vents soit assez faible dans la plupart du pays, certaines îles au large des côtes, les îles Bijagos, pourraient offrir certaines possibilités. On a enregistré une vitesse maximale de 37 m/s sur l'île de Boloma.

Malawi. A l'heure actuelle, aucun projet concret d'utilisation des éoliennes n'a été entrepris. Quelques moulins ont été installés à des fins de pompage, mais globalement il semble que la faiblesse des vents limite le potentiel d'une telle technologie.

Maroc. Northwind Power Company aurait installé un moulin mû par énergie éolienne et électricité dans une station reculée de télécommunications. On n'a connaissance d'aucun autre programme concret de développement.

Nigéria. Quelques installations de pompage ont été implantées ça et là dans les régions côtières du sud et dans la partie septentrionale du pays. Certaines de ces installations, telles que celles de Badagry et celles près de la côte dans les environs de Lagos, ont été mises sur pied il y a plus de 25 ans et sont maintenant hors service. Bien que quelques rotors Savonius aient été construits dans les universités, peu de projets concrets de mise au point d'éoliennes sont en cours à l'heure actuelle.

Seychelles. Les Seychelles viennent juste de lancer un programme sur vingt ans pour parvenir à un degré d'indépendance énergétique aussi élevé que possible. On prévoit d'étudier le potentiel éolien du pays tant à des fins de pompage de l'eau que pour la production d'électricité. Les vitesses moyennes de 4 m/s enregistrées à l'aéroport des Seychelles à 10 mètres au-dessus du sol permettent d'escompter un potentiel éolien modérément favorable (les vents soufflent du nord-ouest de novembre à mars et du sud-est d'avril à octobre).

Zaire. Selon les données disponibles, la vitesse des vents excède rarement 3 m/s, ce qui circonscrit l'utilisation des éoliennes à certains cas particuliers.

Ces notes sont tirées des rapports nationaux de différents pays présentés lors de la conférence des Nations Unies sur les sources d'énergie nouvelles et renouvelables, qui s'est tenue à Nairobi (Kenya) du 10 au 21 août 1981.

LISTE DES ORGANISATIONS A CONTACTER

Le signe * indique que peu d'informations sont disponibles sur les institutions concernées mais qu'elles sont supposées entreprendre des recherches sur l'énergie éolienne ou la construction de moulins.

AFRIQUE DU SUD

1. South African Weather Bureau
   Pretoria
   République de l'Afrique du Sud
   Contacter:
   Activité: Rassemblement de données anémométriques.

2. Climax Windmills (Pty) Ltd.
   General Hertzog Road
   Box 20244
   Peacehaven, 1934, Transvaal
   République de l'Afrique du Sud
   Contacter:
   Activité: Fabricant de moulins, de tours et de pompes.

3. Southern Cross Machinery (Pty) Ltd.
   Industrial Area
   Bloemfonein
   République de l'Afrique du Sud
   Contacter:
   Activité: Fabricant de moulins, de tours et de pompes.

4. Invertex (Pty) Ltd.
   P.O. Box 3700
   Capetown 3000
   République de l'Afrique du Sud
   Contacter: L.P. Cuenoud
   Activité: Production pilote d'un aérogénérateur et d'inverseurs.

5. Environment and Development Association
   Marshalltown
   République de l'Afrique du Sud
   Contacter: Robert Berold
   Activité: Construction d'un rotor savonius expérimental, publication d'un bulletin de Technologie Appropriée, Link.

6. Semiconductor Services
Sandberg Street
Denver 2091
Johannesburg
République de l'Afrique du Sud
Contacter:
Activité: Distribution d'un générateur éolien Winco. Mise au point d'un nouvel aérogénérateur.

7. Vetsak*
P.O. Box 380
Isando 1600
République de l'Afrique du Sud
Contacter: Gérant
Activité: Fabricant d'équipements de pompage éoliens.

BOTSWANA

1. Rural Industries Innovation Centre (RIIC)
Private Bag 11
Kanye
Botswana
Contacter: Max Ewens; Eize de Vries
Activité: Mise au point d'éoliennes pour actionner des monopompes.

2. Pelegano Village Industries
P.O. Box 464
Gaborone
Botswana
Contacter:
Activité: Tests de pompe à rotor Filipinni.

3. Government of Botswana
Meteorological Services
P.O. Box 10100
Gaborone
Botswana
Contacter: J.B.S. Dephaha
Activité: Rassemblement de données anémométriques.

4. Government of Botswana
Department of Water Affairs
Gaborone
Botswana
Contacter:
Activité: Utilisation d'éoliennes dans le cadre de projets hydrauliques.

CAP-VERT, République de

1. Ministry of Rural Development
   P.O. Box 66
   Praia
   République de Cap-Vert
   Contacter: Horacio Soares; Joop van Meel
   Activité: Mise en oeuvre de programmes relatifs à l'énergie éolienne, y compris mesures anémométriques et tests de centrales éoliennes.

2. ONAVES Shipyard
   Mindelo
   Sao Vicente
   République de Cap-Vert
   Contacter: M. Augusta Duarte, Contremaître; M. Estevao dos Anjos Duarte, Concepteur-Producteur des moulins
   Activité: Construction de moulins de 2 mètres de diamètre.

3. Fabrica Favorita
   Mindelo
   Sao Vicente
   République de Cap-Vert
   Contacter: M. Matos
   Activité: Construction de moulins de 2 mètres de diamètre.

EGYPTE

1. Bassissa Village Project*
   American University of Cairo
   Cairo
   Egypte
   Contacter: Dr. Salah Arafa, professeur de physique
   Activité: Expérimentation de deux petites pompes à vent en vue d'applications commerciales.

2. Egyptian Ministry of Electricity
   Cairo
   Egypte
   Contacter: M. Kamal Hamed, président
   Egyptian Electricity Authority
   Dr. Mahmood Hegazi

ETHIOPIE

1. Addis Ababa University
   Faculty of Technology
   Department of Mechanical Engineering
   Addis Ababa
   Ethiopie

   Contacter: M. Karl Jensen, Chef du départment
   Activité: Recherches su l'énergie éolienne dans le passé, au cours du programme de développement par la coopération.

2. Ethiopian Water Resources Authority
   P.O. Box 1008
   Addis Ababa
   Ethiopie

   Contacter: Teferi Taye, ingénieur en recherches
   Activité: Mise au point et tests d'un prototype de pompe à vent.

3. African Training and Research Centre for Women*
   P.O. Box 3005
   Addis Ababa
   Ethiopie

   Contacter: Rose Dakewah, Dept. de Technologie Appropriée
   Activité: Conception de moulins (information non confirmée).

4. Intermediate Technology Centre*
   P.O. Box 10417
   Addis Ababa
   Ethiopie

   Contacter: Tesea Negussie
   Activité: Moulin prototype (information non confirmée)

GHANA

1. Technology Consultancy Centre*
   University of Science and Technology
   Kumasi
   Ghana

   Contacter: J.W. Powell
   Activité: Quelques travaux en matière de recherches sur l'énergie éolienne

GUINEE

1. Direction Nationale de la Météorologie
   Conakry
   Guinée
   Contacter: Comara Mbady
   Activité: Rassemblement de données anémométriques

2. Service National de l'Hydraulique
   B.P. 642
   Conakry
   Guinée
   Contacter: Amadou Diallo

3. Ministère de l'Energie
   Conakry
   Guinée
   Contacter: Emile Tompapa

4. Institut National de la Recherche et de la Documentation de la Guinée (INRDG)
   B.P. 561
   Conakry
   Guinée
   Contacter: Sidiki Kobele Keita
   Racine Bah
   Activité: Recherches sur l'énergie éolienne

HAUTE VOLTA

1. Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques*
   B.P. 369
   Ouagadougou
   Haute Volta
   Contacter:
   Activité: Recherches et étude de faisabilité sur l'énergie éolienne.

KENYA

1. Christian Industrial Training Centre (CITC)
   P.O. Box 72935
   Nairobi
   Kenya
   Contacter: D. Wanjohi
   Activité: Construction d'éoliennes modèle Cretan. Arrêt de la production en 1978.

2. National Christian Council of Kenya (NCCK)
Box 45009
Nairobi
Kenya

Contacter: H. Miller
Activité: Dirigea un projet éolien avec le CITC.

3. Village Technology Unit
UNICEF
P.O. Box 44145
Nairobi
Kenya

Contacter:
Activité: L'UNICEF dirige un programme de formation technique à Karen. L'objectif est de former des agents de vulgarisation dans les technologies appropriées, y compris les éoliennes.

4. University of Nairobi
Mechanical Engineering Department
P.O. Box 31097
Nairobi
Kenya

Contacter: M. Opondo
Activité: Le département du génie mécanique a construit certains prototypes de moulins et analysé des données anémométriques. A l'heure actuelle, M. Opondo est le président d'un comité d'experts qui réunit des universitaires intéressés à l'énergie éolienne.

5. University of Nairobi
Department of Meteorology
P.O. Box 30197
Nairobi
Kenya

Contacter: Dr. J.K. Mg'ang'a
Activité: Rassemblement de données anémométriques.

6. South Turkana Agricultural Development Project, Lokori
P.O. Box 21028
Nairobi
Kenya

Contacter:
Activité: Utilisation d'un moulin à voilure modèle Cretan.

7. Bobs Harries Engineering, Ltd.
Karamaini Estates
P.O. Box 40
Thika
Kenya

Contacter: Mike Harries
Activité: Production de pompes éoliennes.

8. Mbita Catholic Mission
Mbita
South Nyanza
Kenya

Contacter: Herman M. Carlsen
Activité: Production de pompes éoliennes.

9. Plough and Allied Products
Kisumu
Kenya

Contacter:
Activité: Production de pompes éoliennes.

LESOTHO

1. Ministry of Rural Development
P.O. Box 686
Maseru 100
Lesotho

Contacter: M.T. Hlabana
Activité: Installation d'éoliennes pour approvisionnement des villages en eau.

2. Hydrological and Meteorological Services Branch
Ministry of Water Energy and Mining
Maseru 100
Lesotho

Contacter:
Activité: Rassemblement de données anémométriques.

3. Thaba Tseka Rural Development Programme
P.O. Box 1027
Lesotho

Contacter: Frank Meyer, Chef de Section, Unité de Technologie Appropriée
Activité: Evaluation du potentiel éolien, mesures anémométriques et tests de prototypes d'éoliennes.

4. Thaba Khupa Ecumenical Farm Institute
P.O. Box 929
Maseru
Lesotho

Contacter:
Activité: Tests d'un rotor Savonius.

MADAGASCAR

1. Etablissement d'Enseignement Supérieur Polytechnique*
Université de Madagascar
B.P. 1500
Antananrivo
Madagascar

Contacter:
Activité: Recherches sur l'énergie éolienne pour le pompage et la production d'électricité.

MALAWI

1. Department of Lands, Valuation and Water*
Private Bag 311
Lilongwe
Malawi

Contacter: HR Khoviwa, K. Jellema, L. Mnthali

2. University of Malawi*
Bunda College
P.O. Box 219
Lilongwe
Malawi

Contacter: M.L. Mwinjilo
Activité: Travaux de R&D sur des pompes éoliennes à des fins d'irrigation et en vue d'une éventuelle commercialisation.

MALI

1. Ecole Nationale d'Ingénieurs de Mali
Bamako
Mali

Contacter:
Activité: A effectué un relevé national des données éoliennes et continuera les recherches dans le cadre du projet d'AID relatif au laboratoire d'énergie solaire.

2. Peace Corps
B.P. 85
Bamako
Mali

Contacter: D. Benafel; H. Homeyer
Activité: Assistance technique et financière pour l'installation de petites éoliennes aux fins d'irrigation à petite échelle.

3. Solar Energy Lab
B.P. 134
Bamako
Mali

Contacter: C. Traore, Directeur; Terry Hart
Activité: Evaluation du potentiel éolien et conception de prototype (non confirmée)

4. Catholic Mission
Segou
Mali

Contacter: Father Jean Plasteig
Activité: Construit des moulins Sahores et assure des cours de formation.

MAURITANIE

1. Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar
Nouakchott
Mauritania

Contacter:
Activité: Rassemblement de données anémométriques.

2. USAID
U.S. Embassy
B.P. 222
Nouakchott
Mauritania

Contacter:
Activité: A passé un contrat avec VITA (Volunteers in Technical Assistance) relatif à une étude de faisabilité sur l'énergie éolienne.

ILE MAURICE

1. University of Mauritius*
School of Industrial Technology
Electrical Engineering Division
Unjore Lane
Mon Désir
Vocoas
Ile Maurice

Contacter: V. Pudaruth
Activité: Rassemblement et analyse de données éoliennes, construction de prototypes de moulins mû par le vent et l'électricité.

NIGER

1. ONERSOL*
B.P. 621
Niamey
Niger

Contacter:
Activité: Recherche supposée en matière de l'énergie éolienne.

SENEGAL

1. Caritas-Sénégal
B.P. 439
Dakar
Sénégal

Contacter: Frère Piccard; Silvere Ndiaye
Activité: Installation de deux moulins électriques pour actionner des pompes électriques.

2. Centre d'Etudes et de Recherche sur les Energies Renouvelables (CERER)
Université de Dakar
B.P. 5085
Dakar
Sénégal

Contacter: Andre Kergreis, directeur
Activité: Essai d'une éolienne à rotor Savonius de SINAES.

3. Ambassade de l'Italie
Dakar
Sénégal

Contacter: Ousmane Gassama
Activité: Projet Peycouk--Utilisation d'un moulin à pales multiples.

4. Institut Universitaire de Technologie (IUT)
Université de Dakar
Dakar
Sénégal

Contacter:
Activité: Recherches sur les rotors Savonius et une machine giro/Savonius.

SEYCHELLES

1. Ministry of Planning and Development*
P.O. Box 53
République des Seychelles

Contacter: M. Fauon, Premier Secrétaire
Activité: Recherches sur la production d'électricité au moyen d'éoliennes.

SOMALIE

1. National Refugee Commission
Mogadiscio
Somalie

Contacter: M. Abdi Mohammed Tarah--commissaire extraordinaire
M. Ahmed Yassin Isee--commissaire

2. National University of Somalia
Mogadiscio
Somalie

Contacter: Dr. Abdirazah M. Bishi--Doyen de la Faculté d'Ingénierie

SOUDAN

1. Department of Mechanical Engineering, University of Khartoum
Khartoum
Soudan

Contacter: Dr. Jahia Hassan Hamid
Activité: A effectué des recherches sur l'énergie éolienne.

2. National Council of Research
Khartoum
Soudan

Contacter: Dr. Samani Yakoub
Activité: Planificateur d'un projet expérimental d'éoliennes en 1975.

3. Mechanical Engineering Department
Well Boring and Water Installation Division
Sudan Gezira Board
Hassaheisha
Soudan

Contacter:
Activité: Installation de pompes éoliennes.

TANZANIE

1. Arusha Appropriate Technology Project
P.O.Box 764
Arusha
Tanzanie

Contacter: Steve Kitutu; M. Khatibu
Activité: Développement d'une éolienne Arusha, d'un aérogénérateur et d'équipements annexes pour le forage des puits et le concassage du grain.

2. Ujuzi Leo Industries
P.O. Box 764
Arusha
Tanzanie

Contacter:
Activité: Production de la pompe éolienne Arusha.

3. University of Dar-Es-Salaam
Department of Agricultural Engineering and Land Planning
P.O. Box 643
Morogoro
Tanzanie

Contacter: F.M. Inns; Alex Weir
Activité: Evaluation de l'énergie éolienne en Tanzanie. Mise au point d'équipements météorologiques, de moulins pour le pompage de l'eau et le concassage du grain.

4. University of Dar-Es-Salaam
Department of Mechanical Engineering
P.O. Box 35131
Dar-Es-Salaam
Tanzanie

Contacter: Dr. Silas Lwakabamba; Edwin T.P. Protzen
Activité: Conception, construction et essai des pompes éoliennes.

5. University of Dar-Es-Salaam
Department of Electrical Engineering
P.O. Box 35131
Dar-Es-Salaam
Tanzanie

Contacter:
Activité: Mise au point de dispositifs pour mesurer et enregistrer les données éoliennes, études de faisabilité sur l'électrification au moyen de l'énergie éolienne.

6. UTAFITI--(Tanzanian National Science Research Council)
P.O. Box 4302
Dar-Es-Salaam
Tanzanie

Contacter:
Activité: Installation de pompes éoliennes commerciales, construction et essais des prototypes.

7. The Diocese of Musoma
P.O. Box 93
Musoma
Tanzanie

Contacter: Rev. J. Conard; Rev. D. Jones
Activité: Projet éolien pilote dans la région de Mara.

TUNISIE

1. Centre de Recherches de Génie Rural
B.P. 10
Ariana
Tunisie

Contacter: M. El Amami Slaheddine, directeur
Activité: Recherche et développement de moulins pour la pompage de l'eau.

2. Association pour le Développement et l'Animation Rurale (ASDEAR)
10, rue Eve Nohelle
Tunis
Tunisie

Contacter: Abdelhafidh Chabbi
Activité: Etude de faisabilité sur l'énergie éolienne, mise au point et construction de prototypes.

ZAMBIE

1. Technology Development and Advisory Unit
School of Engineering, University of Zambia
P.O. Box 2379
Lusaka
Zambie

Contacter: J.P. van Passen
Activité: Coordination des activités en matière d'énergie éolienne, évaluation du potentiel, production locale de moulins envisagée.

2. Northern Technical College
Chela Road
P.O. Box 1563
Ndola
Zambie

Contacter: Directeur du programme de formation
Activité: Programme de formation sur l'utilisation des moulins

3. Government of Zambia*
(a) Department of Water Affairs
(b) Zambian Meteorological Department
Lusaka
Zambie

4. Family Farms, Ltd.*
P.O. Box 42
Magoye
Zambie

Contacter:
Activité: Fabrication supposée de moulins à pales multiples et pompes sur une échelle limitée.

ZIMBABWE

1. Institute of Agricultural Engineers
   P.O. Box BW 330
   Borrowdale
   Harare
   Zimbabwe

   Contacter: Stuart Spence
   Activité: Mise au point de prototype.

2. Government of Zimbabwe
   Department of Energy Resources
   (a) Ministry of Mines and Energy Resources
   Box 8434
   Causeway
   Harare

   Contacter; Dr. Mufaro Hove
   Activité: Formulation de la politique à suivre, soutien aux petits projets.

   (b) Ministry of Water Development
   (c) Ministry of Health

3. Bethlehem Missionary Society
   Metal Work Training
   Postal Bag 9001
   Gwelo
   Zimbabwe

   Contacter: Walter Schurtenberger
   Activité: Programme de formation sur l'utilisation des moulins.

4. Silveira House
   P.O. Box 545
   Harare
   Zimbabwe

   Contacter; Rev. Brian MacGarry
   Activité: Recherches dans de nombreux domaines de technologie appropriée.

AUTRES SOURCES: PAYS DEVELOPPES

CANADA

1. IDRC (International Development Research Center)
   P.O. Box 8500
   Ottawa
   Canada

   Contacter:
   Activité: Recherches appliquées sur l'énergie éolienne à l'usage des pays en voie de développment.

2. University of Waterloo
   Faculty of Engineering
   Waterloo
   Ontario N2L 3G1
   Canada

   Contacter: G.M. Bragg
   Activité: Recherches appliquées sur l'énergie éolienne à l'usage des pays en voie de développment.

3. Brace Research Institute
   MacDonald College of McGill University
   1 Stewart Park
   Ste. Anne de Bellevue
   Quebec H9X 1C0
   Canada

   Contacter: Tom Lawand
   Activité: Recherche et développement, essais sur le terrain, publications.

ETATS-UNIS

1. Peace Corps
   906 Connecticut Avenue, N.W.
   Washington, D.C. 20525
   Etats-Unis

   Contacter: Paul Jankura
   Activité: Participation de volontaires dans tous les projets relatifs à l'énergie éolienne.

2. VITA (Volunteers in Technical Assistance)
   1815 North Lynn Street, Suite 200
   Arlington, Virginia 22209
   Etats-Unis

   Contacter: Alan Wyatt
   Activité: Diffusion d'informations, coordination, publications, soutien aux petits projets visant la promotion des énergies renouvelables dans les pays en voie de développement.

3. Agency for International Development
Department of State
Washington, D.C. 20520
Etats-Unis
Contacter: Steve Klein

4. National Climatic Center
Asheville, North Carolina 28801
Etats-Unis
Contacter:
Activité: A mis sur pied des dossiers détaillés concernant les données éoliennes dans tous les pays du monde. En raison de méthodes de relévé des données parfois inadéquates, l'utilisation de ces sources pour déterminer les emplacements et analyser le potentiel éolien n'est pas recommandée.

5. Solar Energy Research Institute
1617 Cole Boulevard
Golden, Colorado 80401
Etats-Unis
Contacter: Amir Mikhail
Activité: Assistance technique au projet AID relatif au Laboratoire d'énergie solaire au Mali.

6. U.S. Department of Energy
FORRESTAL 5F-081
Washington, D.C. 20545
Etats-Unis
Contacter: Carl Aspliden
Activité: Spécialisé dans les programmes internationaux de promotion de l'énergie éolienne.

7. Pacific Northwest Laboratories
Battelle Boulevard
Richland, Washington 99352
Etats-Unis
Contacter: D.L. Elliott
Activité: Evaluation des ressources éoliennes dans différents pays du monde.

PAYS BAS

1. Steering Committee for Wind Energy in Developing Countries (SWD)
P.O. Box 85
3800 AB Amersfoort
Pays Bas
Contacter: W.A.M. Jansen
Activité: Recherche et développement, études de faisabilité essais sur le terrain, publications.

2. Eindhoven University of Technology
Wind Energy Group
Department of Physics, Building W & S
P.O. Box 513
5600 MB Eindhoven
Pays Bas

3. Working Group on Development Technology (WOT)
Twente University of Technology
Vrijhof 152
P.O. Box 217
7500 AE Enschede
Pays Bas

Contacter:
Activité: Mise au point et essais de prototype.

ROYAUME-UNI

1. Intermediate Technology Development Group (ITDG)
9 King Street
London WC2 8HN
Royaume-Uni

Contacter: Chef du service d'informations
Activité: Recherche et développement de pompes éoliennes, assistance technique, publications.

2. Commonwealth Secrétariat
Marlborough House
Pall Mall
London SW14 5HX

Contacter: Antony Ellman
Activité: Soutien aux efforts en matière d'énergie éolienne dans les pays en voie de développement.

SUISSE

1. World Council of Churches
Commission on the Churches' Participation in Development
150 Route de Ferney
P.O. Box 66
CH-1211 Genève 20
Suisse

Contacter: Pascal de Pury
Activité: Diffusion des renseignements. Cette organisation avait entrepris la diffusion du moulin Sahores.

BIBLIOGRAPHIE

REFERENCES GENERALES

1. Commonwealth Workshop on Low-Cost Energy for Water Pumping. Conclusions and Recommendations. Rural Industries Innovation Center, Kanye, Botswana, November 24-29, 1980.

2. Renewable Energy Resources in the Developing Countries. World Bank, 1818 H Street, N.W., Washington, D.C. 20433 USA, January 1981.

3. "An International Development Program to Produce a Wind-Powered Water-Pumping System Suitable for Small-Scale Economic Manufacture," by P.L. Fraenkel, ITDG. Second International Wind Energy Systems Conference, October 3-6, 1978.

4. International Directory of Appropriate Technology Resources, compiled by Brij Mathur, a VITA publication, VITA, Inc, 1979.

5. Appropriate Technology Directory, by Nicolas Jequier with the assistance of Gerard Blanc from the Development Center of the Organization for Economic Co-operation and Development. Paris, 1979.

6. Rural Technology in the Commonwealth, a directory of organizations. Compiled by Bruce Mackay. Commonwealth Secretariat, 1980.

7. Wind Energy, a bibliography with abstracts and keywords by Joop Meel, Dirk Hengeveld from the Department of Physics, the Wind Energy Group, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, the Netherlands, March 1977, Part 3 and 4.

8. Wind as an Energy Resource for Water Pumping, by R. Carothers.

9. Ground Water in Africa, Department of Economics and Social Affairs, United Nations, New York, 1973.

10. L'Energie éolienne dans le Sahel. Etude préliminaire sur les possibilités d'utiliser l'énergie éolienne pour le pompage d'eau dans le Sahel. De L.M. Paulissen et J.C. Doorn, SWD, Amersfoot, Netherlands, Mars 1977.

11. "The Cost Effectiveness of Water Pumping Windmills," P.R. Gingold. The Development Corporation, St. Vincent, West Indies. From Wind Engineering Quarterly, vol. 3, no. 4, 1979.

BOTSWANA

1. An Assessment of Water Pumping Technologies Using Locally Available Energy Resources - Botswana. R. Carothers, Rural Industries Innovation Center, Pr. Bag 11, Kanye, Botswana, July 1980.

2. "'Mono' Comes of Age," Farm Implement and Machinery Review, August 1956, p. 607.

CAP-VERT

1. L'énergie éolienne au Cabo Verde. Une étude préparatoire des besoins et des possibilités de l'utilisation de l'énergie éolienne. De J.C. Van Doorn et L.M.M. Paulissen, SMW, Amersfoot, Netherlands. Première édition, août 1976; réimpression, avril 1980.

2. AID Renewable Energy Program; Cape Verde. Project Report 655-0009, July 1979.

3. Wind Energy Resources in the Cape Verde Islands. Steve Blake, Sunflower Power Company. Route 1, Box 93-A, Oskaloosa, Kansas 66066, USA; (913) 842-0298--The wind energy portion of the AID report in 2 above, 1979.

EGYPTE

1. Egyptian Wind Energy Resources Study, Final Report Phase II, William L. Hughes, Engineering Energy Laboratory, Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma 74074 USA. A joint program of study on wind energy resources in Egypt conducted by the Egyptian Ministry of Electricity and Oklahoma State University and financed by the National Science Foundation under NSF Grant No. EH-78-c-02-4638.

2. Harnessing Wind Power in Developing Countries, R. Ramakumar, 10th IECEC, Newark, Deleward, August 1975.

3. ITDG Project Bulletin, September 1980.

ETHIOPIE

1. Polomo Windmills - Omo River, A.T. Unit Report No. 4, Appropriate Technology Unit, Christian Relief and Development Association, P.O. Box 5674, Addis Ababa, Ethiopia, October 1975.

2. Food From Windmills, by Peter L. Fraenkel, B.Sc. (Eng.) Intermediate Publications Ltd., 9 King Street, London WCE 8HN England, November 1975.

3. Low-Cost Energy Sources for Water Pumping in Ethiopia, by Teferi Taye, Ethiopian Water Resources Authority, for low-cost energy for water pumping workshop, Botswana, 1980.

LA GAMBIE

1. How to Build a Cretan Sail Wind-Pump, by R.D. Mann, Agricultural Officer, Gambia Christian Council, West Africa. Intermediate Technology Publications Ltd., 1979.

GUINEE

1. "Appropriate Technology in Guinea, Report and Recommendations," VITA, 1981.

HAUTE-VOLTA

1. L'énergie éolienne dans le Sahel, L.M. Paulissen and J.C. Van Doorn of the Steering Committee for Wind Energy for Developing Countries, Amersfoort, Netherlands, for Club des Amis du Sahel, 1977.

2. Etude du régime des Vents en Afrique occidentale, Possibilitiés d'utilization des éoliennes pour l'exhaure de l'eau,* de I. Cheret pour CIEH, 1962.

3. Les moyens d'exhaure en Afrique de l'Ouest - Ouelques aspects du problème,* de Andre Benamour, CIEH.

4. L'utilisation de l'énergie éolienne pour l'exhaure de l'eau,* by J. Dupuis and R. Hlavek, CIEH, Decembre 1969.

5. Bilan d'exploitation des éoliennes de la région de Gao,* CIEH, 1969.

6. Etude et recherche de materiels d'exhaure pour l'Afrique de l'Ouest,* CIEH, Octobre 1969.

7. Energie éolienne,* Etude appliqué à l'Afrique occidentale française, AOF, Service Météorologique, Novembre 1957.

8. Résumé de climatologique aéronautique,* Model B.AOF, Service Météorologique, Paris, Octobre 1957.

9. Schéma de mise en oeuvre des ressources en eau du Sahel de l'Afrique de l'Ouest,* Ministère de la Coopération--Société Scet International.

10. Les eaux souterraines de l'Afrique occidentale,* Service de l'Hydraulique de l'AOF. FIDES.

11. L'Afrique sahelienne, notices explicatives des cartes de planification pour l'exploitation des eaux souterraines.* Fonds d'Aide et de Coopération de la République française - BRGM.

KENYA

1. Water Pumping by Wind Energy in Kenya (as of 1980). Prepared by the Wind Energy Technical Panel, University of Nairobi, and Allied Establishments (October 1980) for low-cost energy for water pumping workshop, Botswana, 1980.

---

*Ces ouvrages sont indiqués à titre de référence mais ne sont pas disponibles à l'heure actuelle à VITA.

2. South Turkana Agricultural Development Project. By the Africa Inland Church, Lokori, P.O. Box 21018, Nairobi, Kenya.

3. Some Wind Power Developments in Kenya, by D.J. Hilton, International Symposium on Wind Energy Systems, Cambridge, September 7-9, 1976.

LESOTHO

1. Wind Power for Thaba Tseka, Lesotho, an updated report by Alan Wyatt, Thaba Tseka Integrated Rural Development Program, P.O. Box 1027, Maseru, Lesotho, 1980.

2. Water, Health and Development, an interdisciplinary evaluation, by Richard Feachern, Elisabeth Burns, Donald Curtis, Sandy Cairncross, M. Khalid Kha, Aron Croning, Douglas Lamb, Piers Cross, and Hilary Southall. Tri-Med Books, Ltd., London, 1978.

MALI

1. Renewable Energy Project, Mali 688-0217, AID, Washington, D.C., August 1978.

2. A Technical Study of a Windmill Pump, World Council of Churches, Octobre 1975.

3. Wind and Solar Energy Prototype Development at the Laboratoire d'Energie Solaire, Bamako, Mali, June-September 1981, Alan Wyatt, VITA, Decembre 1981.

MAURITANIE

1. Alternative Energy Systems in Rural Mauritania, by Daniel C. Dunham. A report prepared for AID and published by VITA, September 1977.

2. Report to VITA on Wind Energy in Mauritania, submitted by William L. Hughes, Director, Engineering Energy Laboratory, Oklahoma State University, April 1980.

SENEGAL

1. "Comparative Performance Measurements on a Savonius Rotor with Ancillary Surface," D.V. Nguyen, Ecole Polytechnique de Thies, Senegal. 1979. Published in Wind Engineering Quarterly, Multi Science Publishing Co., London, Vol. 3, No. 2, 1979.

2. "Experimental Study for the Optimization of the Performance of the Filippini Vertical Axis Wind Rotor," by Duy Vinh Nguyen, Ecole Polytechnique de Thies, Thies, Senegal. Published in Wind Engineering Quarterly, Vol. 4, No. 1, 1980.

3. "Wind Energy in Senegal: Geophysical Repartition," D. Le Gouriers, University of Dakar, Senegal. Third International Symposium on Wind Energy Systems, August 26-29, 1980.

SOMALIE

1. Somalia - A Land of Asylum, March 1981.

2. Windpower for Water Pumping in the Hiran Region, Steve Hirsch, VITA, September 23, 1981.

3. Utilizzazione di Aeropompe Multipala per il Sollevamento di Acqua in Somalia, Salvatore D'Angelo, Giulio Poletti, Abshir Cabdullahi Drive, Universita Nazionale Della Somalia, Mogadischio, October 1980.

SOUDAN

1. Wind Power in the Sudan, by Stuart S. Wilson, Department of Engineering Science, University of Oxford, 1975.

2. Power Generation from the Wind, by E.T.I. Elissa, H.M. Ahmed, University of Khartoum, Department of Mechanical Engineering, 1975.

3. Wind Energy in Sudan, Dr. Yahia H. Hamid and W.A.M. Jansen, SWD, July 1980.

TANZANIE

1. Wind Power Programs in Tanzania, by R.S. Reichel, University of Dar Es Salaam. Wind Energy Systems, papers presented at the Second International Symposium, Amsterdam, Netherlands, Vol. 1, Octobre 1978.

2. Wind Speed Measurements in Tanzania, by R. Reichel, University of Dar Es Salaam.

3. "Wind Power Installations for Water Pumping in Developing Countries," de M.E. Parks and F.J.M. Van de Laak. International Symposium on Wind Energy Systems, Cambridge, September 7-9, 1976.

4. Arusha Appropriate Technology Project, by Steve Kitutu and Richard Stanley. Annual Report 1977-78.

5. Workshop on Solar Energy for the Villages of Tanzania, Dar Es Salaam, Tanzania. By the Tanzania National Sciencific Research Council, August 11-19, 1977.

6. Mechanical Instrument for Wind Energy Evaluation, by Alex Weir, University of Dar Es Salaam, Box 643, Morogoro, Tanzania.

7. Wind Power: Terms and Equipment, de R. Reichel, University of Dar Es Salaam, Department of Electrical Engineering, November 1976.

8. Wind Power and Rural Electrification, a research program at the Faculty of Engineering de R. Reichel, UHANDISI Journal, September 1976.

9. Arusha Appropriate Technology Project, by Steve Kitutu and Richard Stanley. Quarterly Report, January 1-March 31, 1978.

10. Arusha Appropriate Technology Quarterly Project, by Richard Stanley and Steven Kitutu, October 1-Decembre 31, 1977.

11. The Use of Windmills in Tanzania, de M.E. Parks, Bureau of Resource Assessment and Land Use Planning, September 1974.

12. Numerical Analysis of Tanzania Wind Speed Data, de Alex Weir, University of Dar Es Salaam Agricultural Engineering Department, Morogoro, Tanzania.

13. The Arusha Windmill: A Construction Manual, de Dick Stanley; Ken Darrow (ed.). Volunteers in Asia/VITA Publication, 1977.

14. Feasibility Study of Windmills for Water Supply in Mara Region, Tanzania, by H.J.M. Beurskens. SWD publication 78-1, March 1978.

TUNISIE

1. L'utilisation de l'énergie du vent en Tunisie - deux parties. ASDEAR et SWD, Mai 1978.

ZAMBIE

1. Low-Cost Energy for Water Pumping. Workshop de J.P. Van Paassen, University of Zambia.

ZIMBABWE

1. Low-Cost Windmills and Biogas Plants in Zimbabwe, The Institute of Agricultural Engineering, de S.M. Spence, Institute of Agricultural Engineering, for low-cost energy for water pumping workshop, Botswana, 1980.