

56190



**NATIONS UNIES**  
**CONSEIL ECONOMIQUE ET SOCIAL**

Distr. : LIMITEE

ECA/NRD/RC/DUMRE/11  
30 octobre 1995

FRANCAIS  
Original : ANGLAIS

---

**COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE**

Conférence régionale des ministres africains responsables  
de la mise en valeur et de l'utilisation des ressources  
minérales et de l'énergie

Accra (Ghana)  
14-23 novembre 1995

**VIABILITE ECONOMIQUE DE LA FABRICATION DE TURBINES ET  
DE GENERATEURS POUR LES MINICENTRALES HYDROELECTRIQUES  
EN AFRIQUE**

## I. INTRODUCTION

1. Dans la plupart des pays d'Afrique, on se préoccupe beaucoup du problème crucial de l'énergie. Pour faire face aux besoins fondamentaux des populations africaines, et pour promouvoir la productivité en milieu rural, la consommation d'énergie marchande est appelée à augmenter. Les résultats ne sont cependant pas à la mesure des attentes en raison de la rareté des capitaux, des limites en matière de ressources, des carences technologiques et de l'inadaptation des infrastructures.

2. L'Afrique regorge de ressources énergétiques, de pétrole, de charbon, et dispose d'un énorme potentiel hydroélectrique. Pour valoriser l'ensemble de ces ressources, il est nécessaire d'accroître fortement la demande. Une grande partie des ressources de la région n'est pas utilisée faute de demande et en raison de l'éloignement des marchés potentiels.

3. Dans la plupart des pays africains, les populations vivent dispersées dans les zones rurales, ce qui a pour effet de réduire la demande d'utilisation d'énergie marchande. En raison de la faiblesse de la consommation, les tarifs de l'énergie demeurent élevés, ce qui restreint l'offre d'énergie marchande en milieu rural et, par conséquent, pèse lourdement sur le développement économique et compromet les mesures d'allègement de la pauvreté. De ce fait, les revenus en milieu rural demeurent très faibles.

4. Les pays africains en développement sont condamnés à trouver d'autres solutions pour que l'énergie marchande atteigne les zones rurales à des prix en rapport avec les moyens des usagers. L'objet de la présente étude est d'évaluer les possibilités qui s'offrent à la plupart des pays d'Afrique disposant de ressources pour l'hydroélectricité à petite échelle afin de mettre ces ressources au service des communautés rurales. Les petites centrales hydroélectriques dont il est question dans cette étude sont d'une puissance inférieure à 5 000 kW. Il s'agit donc de minicentrales hydroélectriques et de microcentrales hydroélectriques.

## II. RAPPEL

### 1.0 Ressources énergétiques de la région

5. Le continent est pourvu d'abondantes ressources énergétiques commerciales. Les ressources pour l'hydroélectricité sont estimées à  $1\,100 \times 10^{12}$  kWh, ce qui représente 11,5% du potentiel hydroélectrique mondial. Les ressources en charbon du continent s'élèvent à  $117 \times 10^6$  tonnes, essentiellement situées en Afrique australe. Les ressources en gaz naturel sont estimées à 9 800 milliards de m<sup>3</sup>, essentiellement en Afrique du Nord et en Afrique de l'Ouest. Enfin, les ressources en uranium atteignent 686 600 tonnes - soit près d'un tiers des réserves mondiales exploitables. Ces réserves se trouvent principalement en Afrique australe et au Niger.

### 2.0 Electricité en Afrique

6. Malgré l'existence, en Afrique, d'abondantes ressources énergétiques, le système d'approvisionnement en électricité demeure sous-développé. En 1990, la consommation moyenne par habitant était seulement de 416 kWh en Afrique, alors que la moyenne mondiale s'établissait à 2 207 kWh.

En 1992, la production d'électricité en Afrique a atteint 311 596 GWh dont la répartition par type de ressources figure dans le tableau ci-dessous :

Ressources	GWh	% du total
Charbon	146 474	47,00
Pétrole et gaz	96 934	31,10
Hydroélectricité	58 628	18,80
Nucléaire	9 288	3,00
Energie géothermique	272	0,10
Total GWh	311 596	100,00

7. La production thermique représente 78% du total alors que l'énergie hydroélectrique est inférieure à 19%. L'Afrique du Sud est le seul pays capable de produire de l'électricité d'origine nucléaire alors que le Kenya est le seul producteur d'électricité d'origine géothermique.

### 3.0 Ressources pour l'hydroélectricité

8. Comme mentionné plus haut, l'Afrique représente 11,5% du potentiel hydroélectrique mondial. Que ce soit au niveau des sous-régions ou à celui des pays, ces ressources ne sont pas équitablement distribuées. Le tableau 1 rend compte du potentiel hydroélectrique des pays d'Afrique en pourcentage du total continental. Ces ressources sont faiblement utilisées, la demande étant peu élevée dans les pays pourvus d'un important potentiel.

9. La plupart des pays ont essayé de mettre en valeur leurs ressources pour un usage domestique, mais en raison de la faiblesse de la demande, l'utilisation globale ne dépasse pas 6% du potentiel disponible. Seuls trois pays ont utilisé leurs ressources de façon satisfaisante. Il s'agit de l'Egypte avec 80%, de la Namibie avec 63% et du Ghana avec 57%. Les pays qui exploitent plus de 10% de leurs ressources sont les suivants :

Egypte	80%	Zambie	23%
Namibie	63%	Malawi	22%
Ghana	57%	Afrique du Sud	18%
Maurice	45%	Zimbabwe	17%
Kenya	31%	Rwanda	14%
Togo	26%	Nigéria	13%
Swaziland	24%	Côte d'Ivoire	10%

Au Zaïre, en Ethiopie, en Ouganda et en Angola, la production hydroélectrique représente aujourd'hui plus de 80% des capacités installées de production d'énergie électrique de ces pays. Le taux d'utilisation de ces ressources ne dépasse cependant pas 5% du potentiel hydroélectrique de ces pays.

**Tableau 1 : Potentiel hydroélectrique des pays d'Afrique par rapport au total continental** (pour l'ensemble de l'Afrique, le potentiel est estimé à  $1\ 100 \times 10^{12}$  kWh)

Afrique du Nord	3,70	Afrique de l'Ouest	9,20	Afrique centrale	58,00	Afrique de l'Est	15,50	Afrique australe	13,60
1. Soudan	2,16	1. Nigéria	3,46	1. Zaïre	31,90	1. Ethiopie	11,63	1. Mozambique	5,44
2. Egypte	1,15	2. Guinée	2,37	2. Cameroun	10,44	2. Tanzanie	1,81	2. Zambie	3,40
3. Maroc	0,36	3. Ghana	1,05	3. Angola	9,11	3. Ouganda	0,91	3. Madagascar	2,08
4. Autres pays	0,03	4. Côte d'Ivoire	1,00	4. Gabon	4,76	4. Kenya	0,78	4. Zimbabwe	1,70
		5. Sierra Leone	0,48	5. Autres pays	1,79	5. Autres pays	0,37	5. Autres pays	0,98
		6. Autres pays	0,84						

### III. FOURNITURE D'ELECTRICITE

#### 1.0 Rôle et importance de l'électricité

10. Sans électricité, les populations du monde en développement n'ont pas accès à la majorité des avantages et commodités dont profitent les habitants des pays industrialisés.

11. Les avantages de l'électricité sont très nombreux. Dans le raccordement électrique des ménages, l'éclairage constitue la priorité. La lumière électrique allonge les journées, améliore les conditions de travail et élargit les perspectives de loisirs mieux que ne le ferait aucune autre source de lumière. Les appareils électriques ménagers comme les marmites, les plaques et les fers facilitent le travail des femmes. Les réfrigérateurs améliorent les conditions de stockage des aliments, ce qui réduit les risques de maladie, en particulier parmi les enfants. Dans les industries locales, l'électricité est une source d'énergie peu onéreuse et d'utilisation souple et variée. Elle permet de prolonger la durée de travail dans les garages, ateliers et agro-industries, d'augmenter la production et de mener un certain nombre d'activités qui auparavant n'étaient guère envisageables ou coûtaient trop chers.

12. Dans les exploitations agricoles, l'électricité constitue une source d'énergie bon marché pour pomper l'eau potable destinée à la consommation humaine et animale ou pour l'irrigation. Les outils électriques permettent de réduire les tâches ingrates et d'élargir le champ d'action des agriculteurs. La réfrigération et la pasteurisation facilitent le développement de l'élevage laitier.

13. Sur un plan social plus large, l'électricité permet d'améliorer les services de santé et d'éducation. Elle est en outre porteuse d'une grande valeur symbolique pour les loisirs de groupe.

#### 2.0 L'électrification des zones rurales

14. Si 78% de la population du continent vit en milieu rural, seul 1% des ménages ruraux disposent de l'électricité. Dans la plupart des pays d'Afrique, la fourniture d'électricité, en particulier l'électrification rurale, figure dans les plans nationaux et régionaux de développement. Il n'en reste pas moins que la faiblesse du développement industriel et économique dans ces pays freine la mise en oeuvre des programmes d'électrification des zones rurales. Seul un petit nombre de pays enregistre des niveaux satisfaisants d'électrification des zones rurales, rendus possibles par l'intervention directe des pouvoirs publics par le biais de dépenses budgétaires fortement subventionnées. Ces pays sont l'Egypte, l'Algérie, la Tunisie et le Maroc. D'autres petits pays tels que les Seychelles, Maurice, Djibouti et Sao Tomé-et-Principe enregistrent des pourcentages élevés d'électrification des ménages en raison de leur forte urbanisation.

15. Dans la plupart des pays de la région, l'électricité constitue un besoin prioritaire pour les pauvres vivant en milieu rural car elle est symbole de modernisation et porteuse d'espoir. L'électrification des zones

rurales constitue un élément essentiel du développement rural dans de nombreux pays en raison des multiples avantages économiques et sociaux qu'elle peut apporter. Il s'agit en résumé de ce qui suit :

- L'électrification des zones rurales réduit les tâches ingrates dans les exploitations agricoles et dans les ménages,
- Elle permet d'accroître la production agricole et la valeur ajoutée par l'amélioration de l'irrigation ainsi que du traitement et du stockage des produits agricoles,
- Elle élargit les opportunités d'emploi hors des exploitations agricoles en compensant les travaux agricoles improductifs par différents services et travaux à domicile et en attirant de nouvelles industries dans les zones rurales,
- Elle permet d'élever le niveau de santé publique par un approvisionnement adéquat en eau potable et l'amélioration des méthodes de purification de l'eau, ainsi que d'exploiter les équipements électriques de santé publique et de mieux conserver les vaccins et les fournitures médicales utilisées dans les cliniques rurales,
- Elle contribue à l'amélioration du niveau d'enseignement et à la promotion de la vie sociale, par de meilleures conditions d'apprentissage et de distraction,
- Elle participe à l'intégration nationale grâce au système de télécommunications.

16. Conscients des effets bénéfiques de l'électrification des zones rurales, les autorités de la plupart des pays de l'Afrique subsaharienne se sont efforcées de la promouvoir, mais leurs efforts ont malheureusement échoué.

### **3.0 Surmonter les principaux obstacles à l'électrification des zones rurales**

17. Les autorités nationales n'ont pas réussi à résoudre un problème économique central, celui du développement durable de l'électrification des zones rurales en raison de la faible densité de consommation dans les zones rurales et de l'absence d'utilisation de l'énergie électrique à des fins de production. La demande est donc très faible et les tarifs trop élevés pour les consommateurs potentiels.

18. La faible utilisation de l'énergie électrique dans les zones rurales des pays en développement d'Afrique est due à la conjugaison de facteurs économiques, politiques et socioculturels.

19. Dans les zones rurales, la dispersion des populations accroît les coûts de connexion électrique. Ces coûts élevés sont ensuite répercutés sur le consommateur. Ce dernier, ne pouvant payer les factures d'électricité, demeure exclu du bénéfice de l'utilisation de l'énergie électrique.

20. L'utilisation de l'électricité est également compromise par des contraintes d'ordre culturel et politique. Les habitants des zones rurales culturellement ou géographiquement isolés, ne sont pas toujours conscients des bienfaits de l'énergie électrique et des perspectives qu'elle ouvre en matière d'amélioration de leurs revenus.

21. Les tarifs sont, en raison de la faiblesse de la consommation, trop élevés pour les populations rurales. Le prix élevé de l'énergie électrique constitue à l'évidence un obstacle important au développement économique et à la lutte contre la pauvreté en milieu rural, ce qui ne contribue pas à l'augmentation des revenus dans ces zones.

22. Pour mettre en oeuvre un programme d'électrification rurale, il a été, à l'origine, nécessaire de subventionner les coûts. Mais pour éviter de perpétuer ce schéma d'électrification des zones rurales, il faudra que la consommation s'accroisse.

23. L'un des moyens efficaces de casser le cycle de la faiblesse de la consommation est de créer les conditions propices à une utilisation économique et sociale productive de l'électricité. Les activités productives telles que les agro-industries, le traitement des produits agricoles, l'artisanat, les entreprises rurales de commerce et de service sont créatrices d'emplois et de revenus supplémentaires.

24. La consommation d'énergie nécessaire aux différentes activités économiques d'un village rural typique est la suivante :

<u>Activités économiques</u>	<u>KW</u>
Menuiserie	5-15
Boulangerie	2-5
Artisanat	1-2
Petites scieries	15-30
Moulins à grain	3-20
Fabrication de glace	6-60
Pompe d'irrigation	2-100
Conserverie de légumes	1-5
Produits laitiers (beurre-fromage)	5-20
Traitement du lait (refroidissement et pré-évaporation)	2-10
Silos	3-5
Ateliers d'électricité et de mécanique	5-15
Pompes à essence	0,5-5
Restaurant	1-2
Hôtellerie (pour 20 personnes)	2-5

25. La mise en place de ces activités dans les villages ruraux permettra de créer des emplois supplémentaires, et donc d'améliorer les revenus.

#### **4.0 Rôle des petites centrales hydroélectriques dans le schéma d'électrification des zones rurales**

26. Il est possible de procéder à l'électrification des zones rurales par différents moyens : extension du réseau, installation de générateurs diesel, ou encore, comme on l'a vu récemment, introduction de systèmes d'énergie solaire ou éolienne et, éventuellement, mise en place de petites centrales hydroélectriques.

27. La plupart des pays d'Afrique sont pourvus d'abondantes ressources pour l'hydroélectricité pouvant être exploitées à des coûts relativement bas et capables de concurrencer l'électricité générée par les produits pétroliers dont le coût en devises est trop élevé pour la majorité des pays du continent.

28. La technologie hydroélectrique est une technologie solide, éprouvée, fiable et sûre. La plupart des petits projets de production d'énergie hydroélectrique sont des projets "au fil de l'eau", c'est-à-dire qu'ils sont conçus pour tirer le meilleur profit du courant du cours d'eau.

29. Ce type de projets comprend un petit barrage qui permet de détourner les flots, un dispositif consistant en une conduite forcée ou en un canal de dérivation et une conduite forcée pour faciliter la montée en pression, une centrale électrique équipée d'une turbine, d'un générateur muni de régulateurs, d'accessoires, un canal de fuite et une ligne de transmission pour la fourniture d'énergie électrique aux villages et centres de consommation.

30. Les petits projets de production d'énergie hydroélectrique, en particulier ceux au fil de l'eau, sont facilement et rapidement réalisables, qu'il s'agisse de la conception du système, du génie civil, de la fabrication des diverses pièces, de l'installation ou de la mise en marche; le coût par kW de ces projets se

située entre 800 et 1 800 dollars des Etats-Unis avec la possibilité de le réduire de façon substantielle en exécutant une partie des travaux par les moyens locaux.

## 5.0 Situation actuelle de l'hydroélectricité en Afrique

31. Au lendemain de la crise pétrolière des années 70, de nombreux pays du monde ont accordé la priorité à la valorisation des sources d'énergie nouvelles et renouvelables. En Asie et en Amérique latine, on s'est en particulier attaché à la mise en place de petits projets de centrales hydroélectriques afin de remplacer les centrales thermiques. L'Amérique et l'Europe ont également manifesté le même intérêt à la suite de la crise pétrolière. En Afrique, le développement de ces projets laisse beaucoup à désirer. Dans certains pays, de petites centrales hydroélectriques ont été installées, la plupart avant la crise pétrolière. Ces centrales sont la propriété de missionnaires installés dans les pays et qui en assurent la direction. Les pays qui ont pris l'initiative de mettre en valeur leurs ressources nécessaires à l'hydroélectricité à petite échelle n'ont pas pris date avec un développement durable en raison de handicaps techniques et de l'inefficacité sur le plan institutionnel. Ces pays ont essayé de mettre en oeuvre des petits projets hydroélectriques rigoureusement selon le schéma propre à la mise en place de grandes centrales hydroélectriques, c'est-à-dire en commençant par le concept, pour aboutir à la mise en service. Même les institutions de prêt ainsi que les pays donateurs exigent des pays récipiendaires de se conformer au processus mis en place pour obtenir les financements. C'est ainsi que ces institutions dépêchent des missions préparatoires et des missions d'évaluation, négocient les prêts, et lancent les appels d'offres internationaux, ce qui coûte du temps et de l'argent.

32. Les études de pré faisabilité, de faisabilité, d'impact sur l'environnement, ainsi que les études sociales qu'il faut mener dans le cadre de la mise en oeuvre de petites centrales hydroélectriques vont coûter beaucoup plus cher que la réalisation elle-même du projet. En plus du gonflement des coûts par kW, les délais de réalisation seront inutilement allongés, ces petits projets hydroélectriques ne pouvant ainsi pas avoir l'importance voulue dans les pays en développement.

33. Ces contraintes ont cependant été réduites par un certain nombre de pays en développement qui, par le recours aux initiatives locales, ont édifié rapidement et à moindre coût des petites centrales hydroélectriques. Ces initiatives concernent la constitution de capacités locales pour la planification, l'étude, la conception, la passation de contrats de génie civil, la fabrication, l'installation et la mise en service. En Asie, des pays tels que la Chine ou le Népal et, en Amérique latine, le Costa Rica ont mené à bien leurs programmes d'électrification des zones rurales en mettant en valeur leurs ressources nécessaires à l'hydroélectricité à petite échelle.

34. Dans de nombreux pays d'Afrique à la topographie montagneuse et où l'importante pluviométrie provoque de forts ruissellements, il existe un énorme potentiel pour les petites centrales hydroélectriques. Dans la plupart de ces pays, il n'est peut-être pas possible de mettre immédiatement en place de tels projets faute d'identification de sites d'implantation. Les cartes topographiques ainsi que les données précises sur l'importance des flux des cours d'eau ne sont probablement pas immédiatement disponibles, mais l'on peut toujours envisager une démarche non scientifique incluant les risques encourus. Dans les pays développés d'Europe et d'Amérique, les risques pris au premier stade de la mise en place de petites centrales hydroélectriques ont été payés de retour. On peut donc envisager pour les pays d'Afrique de lancer immédiatement la réalisation de projets basés sur une évaluation rapide des sites d'implantation. Ces pays pourraient, concomitamment, élaborer les stratégies de collecte d'informations sur les flux des cours d'eau, des cartes topographiques, des études, et le choix des sites potentiels afin de minimiser les risques lors de la mise en oeuvre de ces projets.

35. Seuls un petit nombre de pays d'Afrique ont, malgré leurs faibles moyens, identifié des sites pour l'implantation de petites centrales hydroélectriques. Ces pays n'ont cependant pas défini de stratégies pour la mise en oeuvre immédiate de ces projets. L'un des objectifs de la présente étude est d'élaborer des stratégies et recommandations pour un développement durable des petites centrales hydroélectriques au bénéfice des pays des différentes sous-régions du continent.

#### **IV. VIABILITE ECONOMIQUE DE LA FABRICATION DE PIECES POUR LES PETITES CENTRALES HYDROELECTRIQUES DANS LES PAYS AFRICAINS**

##### **1.0 Développer la participation locale dans la mise en oeuvre des projets**

36. Lors des premières étapes du développement industriel d'un pays, les capacités locales sont très limitées. En conséquence, la technologie et les installations sont achetées "globalement", l'assistance opérationnelle étant habituellement comprise. Avec le développement des capacités industrielles nationales, on peut accroître la part locale de réalisation sans nuire à la qualité des travaux. Outre qu'elle renforce la base industrielle nationale, la participation locale ainsi conçue permet de créer des emplois et des opportunités d'affaires et de réduire les décaissements en devises. La faiblesse de la participation locale dans l'exécution des projets constitue une contrainte pour le développement industriel d'un pays disposant de ressources en devises limitées. Les maîtres d'oeuvre sont donc appelés, lors de la passation de contrats avec les partenaires étrangers, à élaborer des stratégies permettant d'accroître la participation locale à la réalisation des projets. Il faut donc examiner les projets d'investissement selon leurs différentes composantes, c'est-à-dire la fourniture de services d'ingénierie, la conception, la fabrication des équipements ou des pièces, les différents composants, le génie civil, le montage de l'usine, les essais et la mise en service, sachant que certaines parmi ces activités doivent être prises en charge par les entreprises locales.

37. A titre d'exemple, on peut examiner la réalisation de petites centrales hydroélectriques. La planification et la réalisation du projet peuvent faire l'objet d'un classement par activité :

- naissance de l'idée et élaboration du concept
- études, pré faisabilité, faisabilité, etc.
- conception, détails d'ingénierie
- travaux de génie civil
- fabrication/ou acquisition d'équipements
- montage de l'usine
- essais et mise en marche
- production

38. On peut sans risque de se tromper avancer que la plupart des Etats africains disposent des compétences nécessaires pour la mise en oeuvre des différentes étapes du projet telles que décrites ci-dessus. Ces pays pâtissent cependant de l'absence d'une institution qui se chargerait de superviser et d'élaborer une stratégie d'accroissement par étape de la participation nationale à la réalisation des projets d'investissement. Ils ont tous accumulé des connaissances et une expérience considérables en matière de fonctionnement et de maintenance des centrales électriques et par le biais de la participation de leur personnel aux études, à la conception, au montage, aux essais et à la mise en marche de nouvelles centrales électriques construites par des compagnies étrangères. Les autorités sont donc appelées à créer un mécanisme de coordination en vue d'accroître la participation locale à la réalisation des projets d'investissement confiés à des compagnies étrangères. Dans le cas des petits projets hydroélectriques, il est possible de créer des compagnies nationales de génie chargées des études, de la conception et de la supervision des projets tout en confiant les travaux de génie civil à des entrepreneurs nationaux. S'agissant de la fabrication des pièces des petites centrales hydroélectriques, la coordination entre les entreprises de génie et les ateliers peut être assurée par des institutions appropriées qu'il conviendra de créer.

##### **2.0 Perspectives de fabrication locale des pièces des petites centrales hydroélectriques**

39. Les pièces électromécaniques de base des centrales électriques sont les vannes, le canal de dérivation, la turbine, le générateur, le tableau de commande et les instruments électriques. Les turbines peuvent également être décomposées; s'il s'agit d'une turbine de type Francis, les pièces sont les suivantes : la bache et les conduites tubulaires, le diffuseur, les coussinets internes étanches, les roues de la turbine, les arbres de la turbine et les coussinets, les tuyaux d'aspiration, etc. Ces pièces peuvent être fabriquées localement dans des unités industrielles équipées d'installation de moulage, de soudure, de coupe et grâce à des



opérations d'usinage courantes telles que le tournage, le rabotage et le perçage. Dans ces ateliers, on peut également fabriquer des roues, des "michelli-banki" ou une turbine axiale avec le même type d'équipements et d'outils.

40. Les travaux de génie civil pour le barrage, le canal, la centrale électrique et l'écluse ne nécessitent pas d'équipement ou de matériaux de construction spécifiques différents de ceux utilisés pour la construction de bâtiments ou de routes. De même, la construction du canal de dérivation et des vannes peut être prise en charge par n'importe quel atelier de ferronnerie local. Les générateurs peuvent être fabriqués dans des ateliers d'électromécanique équipés de machines outils et du matériel nécessaire pour le bobinage.

41. La plupart des pays en développement d'Afrique disposant d'ateliers modestes semblent en mesure de fabriquer les diverses pièces des petites centrales hydroélectriques. Il n'est donc pas nécessaire de créer de nouveaux ateliers pour accomplir cette tâche.

### 3.0 Exemples d'ateliers locaux

42. Dans le cadre de la présente étude, on a procédé à une évaluation d'ateliers déjà existants et ce, en Ethiopie - l'un des pays africains les moins développés. On trouve dans ce pays un certain nombre d'ateliers capables de produire des pièces et parties pour des petites centrales hydroélectriques. Deux ateliers ont été visités, dont l'un est une entreprise publique et l'autre une entreprise privée. Les faits observés ont été les suivants :

#### 3.1 Usine de pièces détachées et d'outils à main d'Akaki (ASPF) (entreprise publique)

43. Cette usine se trouve à 25 km au sud d'Addis-Abeba. A sa mise en service en 1989, elle devait fournir principalement les industries textiles, les industries sucrières, les industries de transformation des métaux, les industries du ciment et d'autres matériaux de construction, ainsi que le secteur des transports. Elle est dotée d'excellents moyens pour la production de divers types d'équipements et de pièces. Les principaux services de la production sont les suivants :

a) Atelier de fonderie : il comprend une section des métaux ferreux et une section des métaux non ferreux. La première est équipée pour la production de différents alliages de fonte et d'acier tandis que la seconde produit des alliages d'aluminium, du laiton et du bronze. La capacité de production de cet atelier est de 4 500 tonnes par an.

b) Atelier de forgeage : il possède différents types de marteaux, de presses, d'ébarbeuses, de machines à laminier, etc.

c) Atelier de fabrication : il est équipé de plus de 225 machines-outils d'usage général et d'équipements permettant la production de diverses pièces et parties. Les machines sont réparties et installées suivant leurs fonctions dans sept sections:

- i) Coupe
- ii) Soudage et fabrication de tôles
- iii) Tournage (61 machines)
- iv) Fraisage (60 types différents)
- v) Taille des engrenages (18 types spéciaux)
- vi) Alésage et perçage
- vii) Rectification

44. L'usine a également un atelier de traitement thermique qui peut effectuer divers types de traitement thermique, notamment la trempe à atmosphère contrôlée et par induction et le plaquage automatisé au chrome et au nickel.

45. En outre, elle possède des machines spéciales permettant l'usinage de pièces métalliques de formes complexes :

- matrices pour l'estampage, le façonnage, la coupe et le perçage,
- moules pour le durcissement des métaux, des plastiques, du caoutchouc, etc.

46. Enfin, l'usine est dotée de différentes sortes d'équipements et d'instruments de contrôle de la qualité. En plus des machines, elle possède les moyens et les compétences techniques voulus pour la conception et l'élaboration de dessins industriels détaillés avec les caractéristiques techniques des produits à usiner.

### **3.2 Centre de formation de Selam (entreprise privée)**

47. Bien qu'il ne soit pas aussi bien équipé que l'ASPF ci-dessus, ce centre est doté d'un nombre important de machines pour le soudage, la coupe, le fraisage et le tournage; d'une façon générale, il s'agit d'un atelier de travaux courants de transformation des métaux et de mécanique. Il a été créé dans le but de former des orphelins à ces activités. Par la suite, il s'est lancé dans la production de turbines hydrauliques. Il a déjà produit, pour des ONG, plusieurs roues hydrauliques servant à la mouture des céréales; récemment, il a mis au point, pour des particuliers aussi bien que pour des entreprises, des microgroupes de production d'hydroélectricité qui devaient être utilisés dans plusieurs villages du pays. Le Centre de formation de Selam possède donc actuellement un savoir-faire technique suffisant pour la fabrication de micro-turbines hydroélectriques pouvant produire de l'énergie hydraulique pour l'électricité et la mouture des céréales.

48. Le centre a choisi le modèle de la turbine à courant transversal et met au point la technologie requise. Ce type de turbine peut être utilisée pour des hauteurs de chute allant de 2 à 100 mètres. Avec un diamètre constant de la roue à aubes, on peut obtenir une infinité de vitesses d'écoulement en faisant varier l'entrée d'eau et la largeur de la roue. Le centre est prêt à envisager la production de turbines d'une gamme de capacités allant jusqu'à 500 kw. Pour le moment, les générateurs à coupler aux turbines hydroélectriques doivent être importés.

49. Aucun autre pays africain n'a été visité; toutefois, la plupart des Etats africains sont mieux équipés en matière d'ateliers mécaniques que l'Ethiopie.

50. Dans la sous-région de l'Afrique de l'Est, la Tanzanie, l'Ouganda et le Kenya possèdent une infrastructure industrielle bien développée; en fait, certains de ces pays, en particulier le Kenya et la Tanzanie, sont producteurs d'équipements électriques, tels que des moteurs et des transformateurs de distribution, et peuvent facilement produire, dans les ateliers qu'ils ont déjà, des pièces pour petites centrales hydroélectriques.

51. S'agissant de la sous-région de l'Afrique centrale, l'Angola, le Zaïre, le Gabon et le Cameroun n'ont pas une infrastructure industrielle aussi développée que celle du Kenya; cependant, en leur donnant les indications adéquates, on peut orienter leurs ateliers locaux vers la production de pièces pour petites centrales hydroélectriques. Cette sous-région ne dispose peut-être pas de compétences techniques aussi élevées que le Kenya mais on peut pallier ce problème par une mobilisation correctement menée et une formation appropriée.

52. Dans la sous-région de l'Afrique australe, le niveau tant des ateliers que de la maîtrise de la technologie est excellent en Afrique du Sud, au Zimbabwe et à Maurice. Au Malawi, à Madagascar, au Mozambique et en Zambie, les usines sont moins nombreuses que dans les pays voisins; toutefois, les ateliers locaux de travaux courants de transformation des métaux peuvent être améliorés de manière à produire des pièces pour petites centrales hydroélectriques. Des stratégies similaires à celles qui seraient appliquées dans la sous-région de l'Afrique centrale pourraient être mises en oeuvre pour pallier les insuffisances dans la maîtrise des techniques.

53. Dans la sous-région de l'Afrique de l'Ouest, la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Nigéria et le Sénégal possèdent une infrastructure industrielle solide ainsi qu'une maîtrise suffisante des techniques et la promotion de la production de pièces pour petites centrales hydroélectriques devrait y donner d'excellents résultats.

54. Dans la sous-région de l'Afrique du Nord, tous les pays, à l'exception du Soudan, ont les installations industrielles et les compétences techniques nécessaires pour la production de pièces pour petites centrales hydroélectriques, si besoin est.

55. La conclusion que l'on peut tirer de l'évaluation ci-dessus est que la capacité de production de l'industrie d'un pays ne constitue pas un facteur déterminant pour la production de pièces pour petites centrales hydroélectriques; en effet, cette activité ne met pas en jeu des technologies complexes et les ateliers de transformation des métaux existant déjà dans les pays peuvent y faire face.

#### **4.0 Critères retenus pour le choix des pays recommandés pour la production de pièces pour petites centrales hydroélectriques**

56. Les critères retenus pour la sélection des pays africains susceptibles de tirer profit de l'implantation d'ateliers de production de pièces pour petites centrales hydroélectriques reposent sur l'existence de débouchés potentiels durables.

57. Les possibilités offertes ont été déterminées sur la base des facteurs suivants :

- a) La population du pays: elle détermine les potentialités du marché intérieur;
- b) Le taux d'urbanisation du pays: dans un pays très urbanisé, l'électricité reviendrait moins cher si on procède à l'extension du réseau national d'alimentation qu'une multitude de petites installations hydroélectriques isolées;
- c) Le taux d'électrification des zones rurales: pour les pays ayant un taux peu élevé d'électrification des zones rurales, l'implantation de petites centrales hydroélectriques ne peut qu'être bénéfique;
- d) Les ressources potentielles du pays pour l'implantation de petites centrales hydroélectriques: les pays n'ayant que de faibles ressources dans ce domaine produiraient des pièces pour l'exportation; il faudrait alors tenir compte du risque pris en orientant la production exclusivement vers l'exportation.

58. La population, le taux d'urbanisation, la consommation d'électricité par an et par habitant, le taux d'électrification des zones rurales et les ressources pour l'hydroélectricité à petite échelle sont donnés dans le tableau 2. Les données relatives à ces ressources naturelles n'existent que pour un tout petit nombre de pays africains mais une évaluation intelligente a pu être faite à partir de l'ensemble du potentiel hydroélectrique des pays.

Tableau 2 : Données statistiques : Population, taux d'urbanisation, consommation d'énergie par an et par habitant (en kWh), taux d'électrification des zones rurales, ressources pour l'hydroélectricité à petite échelle

Pays	Population en 1991 (millions)	Taux d'urbanisation (en %)	Consommation d'énergie par habitant en 1992 (en Kwh)	Taux d'électrification des zones rurales (en %)	Ressources en hydroélectricité à petite échelle
<b>Afrique australe</b>					
Afrique du Sud	N.C.	N.C.	3 534	34	limitées
Lesotho	1,8	20	109	2	limitées
Madagascar	12,9	24	32	N.C.	abondantes
Malawi	10,0	12	63	2	limitées
Maurice	1,1	44	613	80	limitées
Mozambique	14,5	28	47	N.C.	abondantes
Namibie	1,5	28	990	N.C.	limitées
Swaziland	0,8	27	441	12	limitées
Zambie	8,4	42	761	N.C.	abondantes
Zimbabwe	10,3	29	867	15	limitées
<b>Afrique du Nord</b>					
Algérie	25,6	53	572	84	aucune
Egypte	53,6	44	687	78	aucune
Libye	4,7	83	2 419	N.C.	aucune
Maroc	25,7	47	317	7	aucune
Soudan	25,9	23	51	N.C.	abondantes
Tunisie	8,2	57	658	82	aucune
<b>Afrique de l'Ouest</b>					
Bénin	4,8	39	78	9	aucune
Burkina Faso	9,2	16	21	N.C.	abondantes
Cap Vert	0,4	29	115	22	aucune
Côte d'Ivoire	12,4	41	146	18	abondantes
Gambie	0,9	23	72	9	aucune
Ghana	15,5	34	388	9	limitées
Guinée-Bissau	1	20	N.C.	3	N.C.
Libéria	2,7	46	600	N.C.	limitées
Mali	9,5	24	20	2	aucune

Pays	Population en 1991 (millions)	Taux d'urbanisation (en %)	Consommation d'énergie par habitant en 1992 (en Kwh)	Taux d'électrification des zones rurales (en %)	Ressources en hydroélectricité à petite échelle
Mauritanie	2,1	48	109	N.C.	N.C.
Niger	8	20	N.C.	N.C.	abondantes
Nigéria	112,1	36	110	9	limitées
<b>Afrique centrale</b>					
Angola	9,5	29	n.c	N.C.	abondantes
Cameroun	11,9	41	191	14	abondantes
Congo	2,3	41	154	21	abondantes
Gabon	1,2	47	650	38	abondantes
Guinée équatoriale	0,4	29	53	N.C.	N.C.
Rép. centrafricaine	3,1	48	20	N.C.	limitées
Sao Tomé-et- Principe	0,1	43	130	65	nd
Tchad	5,7	33	7	1	rare
Zaire	38,6	28	99	2	abondantes
<b>Afrique de l'Est</b>					
Burundi	5,7	5	N.C.	2	limitées
Comores	0,6	28	N.C.	10	aucune
Djibouti	0,5	81	383	33	aucune
Erythrée	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	aucune
Ethiopie	51,4	13	20	4	abondantes
Kenya	24,4	24	116	5	abondantes
Ouganda	18,1	11	54	N.C.	abondantes
Seychelles	0,1	60	1 420	94	limitées
Rwanda	7,3	6	N.C.	2	limitées
Somalie	8,9	25	18	N.C.	aucune
Tanzanie	26,9	22	37	N.C.	abondantes

59. Les pays offrant des débouchés potentiels importants pour des petites centrales hydroélectriques sont ceux qui ont une population nombreuse, des taux faibles d'urbanisation et d'électrification des zones rurales et d'abondantes ressources en énergie hydroélectrique. A partir de ces critères, on peut classer les pays en deux groupes: le groupe I, celui des pays présentant des débouchés potentiels importants, et le groupe II, celui des pays où les potentialités sont modestes. Ceux qui ne figurent pas sur la liste sont les pays dépourvus de ressources en énergie hydroélectrique ou ceux dont les taux d'électrification des zones rurales sont très élevés et qui, par conséquent, n'ont pas besoin de produire des pièces pour petites centrales hydroélectriques, même s'ils possèdent les ressources naturelles nécessaires.

60. Le tableau 2 a donc permis d'établir les deux groupes suivants:

### Groupe I

#### Sous-région de l'Afrique australe

Madagascar  
Malawi  
Mozambique

#### Sous-région de l'Afrique de l'Ouest

Guinée  
Ghana  
Libéria  
Siera Leone

#### Sous-région de l'Afrique centrale

Angola  
Cameroun  
Congo  
Zaire

#### Sous-région de l'Afrique de l'Est

Burundi  
Ethiopie  
Ouganda  
Rwanda  
Tanzanie

61. Tous les pays de ce groupe ont une population nombreuse, un faible taux d'urbanisation, un faible taux de consommation d'électricité par habitant et des programmes d'électrification des zones rurales très limités; tous manquent de moyens financiers pour procéder à l'extension des réseaux nationaux d'alimentation en vue d'électrifier les zones rurales et ont donc besoin de sommes importantes en devises. Or, tous les pays de ce groupe sont dotés d'abondantes ressources en énergie hydroélectrique et possèdent l'infrastructure voulue pour l'usinage de pièces pour petites centrales hydroélectriques. L'implantation de cette activité permettrait de réduire sensiblement la part requise en devises pour la création de petites centrales hydroélectriques dans les zones rurales, rendant ainsi l'opération abordable.

### Groupe II

#### Sous-région de l'Afrique australe

Zambie  
Zimbabwe

#### Sous-région de l'Afrique de l'Ouest

Côte d'Ivoire  
Sénégal

#### Sous-région de l'Afrique centrale

Congo  
Gabon

#### Sous-région de l'Afrique de l'Est

Kenya  
Seychelles

62. Les pays formant le groupe II ont des taux d'urbanisation relativement élevés et, parallèlement, des taux d'électrification des zones rurales plus élevés que dans les pays du groupe I. Par conséquent, ils n'offrent pas de débouchés intérieurs très intéressants à la production de pièces pour petites centrales hydroélectriques. Néanmoins, si une collaboration s'instaure entre pays d'une même sous-région ou entre sous-régions, des débouchés suffisants pourront se créer à l'échelle d'une sous-région. Il serait donc justifié d'y implanter des usines. Par exemple, le Zimbabwe et le Kenya, qui peuvent déjà produire des moteurs, des transformateurs, des mécanismes de commutation électrique et des équipements électriques associés

pourraient établir des échanges avec des pays voisins producteurs potentiels de turbines hydrauliques comme le Malawi, le Mozambique, la Tanzanie et l'Ouganda. Des accords commerciaux permettraient de tirer le maximum d'avantages de l'implantation de ces ateliers.

63. La mise en valeur des ressources pour l'hydroélectricité à petite échelle ne demande ni infrastructures coûteuses ni compétences techniques très élevées, que ce soit au niveau de l'exploitation des ressources ou du fonctionnement des installations, et pourtant aucun pays africain doté des ressources naturelles voulues ne s'est lancé dans la production de la technologie. Dans la plupart des pays, les petites centrales hydroélectriques existantes sont assez anciennes, ayant presque toujours été installées par des missionnaires. Les services publics de distribution, qui sont souvent chargés de l'exécution des programmes d'électrification des zones rurales, préfèrent étendre le réseau national d'alimentation jusqu'aux nouveaux centres d'alimentation. Lorsque ceux-ci sont éloignés du réseau central, les services publics de distribution recourent à l'installation de générateurs diesel. L'investissement initial est moins important pour des groupes-Diesel ou pour des extensions du réseau d'alimentation que pour la mise en place de petites centrales hydroélectriques près de la ville rurale à alimenter. Toutefois, les coûts d'exploitation et d'entretien sont infiniment plus élevés pour l'alimentation par des extensions du réseau ou par des générateurs diesel isolés que pour l'alimentation par des petites centrales hydroélectriques.

64. Le sous-développement des zones rurales des pays africains s'explique principalement par l'absence d'une organisation ayant pour rôle précis et pour responsabilité spécifique de mettre en valeur les ressources potentielles en énergie hydroélectrique à petite échelle.

#### **5.0 Problèmes institutionnels et organisationnels dans le développement durable des petites centrales hydroélectriques**

65. Plus de 85% des besoins énergétiques des zones rurales africaines sont couverts par des sources d'énergie autres que marchandes. La dépendance des pays vis-à-vis des sources traditionnelles d'énergie est une cause de sévères dégradations de l'environnement. L'épuisement des ressources forestières et l'utilisation accrue de fumier et de résidus agricoles se traduisent par une perte de fertilité des sols, d'où une baisse des rendements de l'agriculture. La déforestation et l'infertilité des sols ont de graves conséquences pour les communautés rurales.

66. Fournir davantage d'énergie, en particulier aux zones rurales - où vit au moins 78% de la population du continent - est une tâche cruciale à laquelle devrait s'atteler tout gouvernement responsable. Pour que l'alimentation des pays en énergie marchande puisse progresser de façon durable, les mesures à prendre pour améliorer la situation des zones rurales en matière énergétique doivent être mûrement réfléchies. Quel que soit le pays, le développement économique des zones rurales repose sur l'alimentation de ces dernières en énergie marchande à des coûts suffisamment bas pour pouvoir favoriser l'implantation de nouvelles activités économiques.

67. Des tentatives ont été faites par certains gouvernements pour répondre aux besoins énergétiques de la population rurale par un programme judicieux d'électrification. Comme il a été dit plus tôt, six pays du continent ont pu donner à plus de 60% des ménages ruraux l'accès à l'électricité. Il s'agit de l'Egypte, de l'Algérie, de la Tunisie, des Seychelles, de Maurice et de Sao Tome-et-Principe. Les trois derniers, ayant des dimensions géographiques et des populations très réduites, ne se sont heurtés à aucun problème financier dans l'extension des réseaux nationaux d'alimentation jusqu'aux consommateurs potentiels. Les trois autres, à savoir l'Algérie, l'Egypte et la Tunisie, ont eu recours à des subventions gouvernementales importantes, tant au stade de la mise en place qu'à celui de l'exploitation du programme. Des tentatives similaires ont été faites en Côte d'Ivoire, au Sénégal, au Gabon, au Kenya, au Zimbabwe et au Congo mais les efforts n'ont pas duré, en raison de contraintes budgétaires et de l'incapacité des communautés rurales de payer pour l'utilisation de l'électricité. De toute évidence, il n'y a pas de coordination entre le secteur de la production et celui de la consommation d'énergie. La solution semblerait donc être la création d'un centre de liaison chargé de coordonner efficacement les activités de ces deux secteurs de l'économie.

68. Le centre de liaison veillerait à ce que, parallèlement au plan d'électrification des zones rurales, il existe un programme de développement rural intégré. Ainsi pourraient naître des activités générant suffisamment de revenus et tirant le meilleur parti de l'énergie mise à leur disposition. Pour pouvoir amorcer ces activités économiques, les communautés rurales devraient avoir accès à des facilités de crédit, qui permettraient aux consommateurs potentiels d'acheter des équipements électriques, des outils à moteur, des moteurs, des compresseurs, des équipements électroménagers, etc. Elles pourraient alors augmenter les rendements de leurs cultures en les irriguant, créer des agro-industries, des entreprises à domicile ou des commerces ruraux, ou même attirer de nouvelles industries dans leur région. Ces nouvelles activités créeraient une demande et, grâce à l'amélioration de leur situation économique, ces communautés rurales seraient en mesure de payer pour l'énergie utilisée.

69. Du côté de l'offre, le centre de liaison veillerait à ce que le programme d'électrification des zones rurales envisagé corresponde à l'option la plus économique possible. Si l'option retenue est celle de la petite centrale hydroélectrique, le centre devrait inciter l'administration ou les entrepreneurs à la mettre en application rapidement. Au niveau national, le centre de liaison aurait pour rôle et pour responsabilité de développer de façon durable les petites centrales hydroélectriques. Ses tâches seraient, en résumé, les suivantes:

a) Faire le point sur les petites centrales hydro-électriques du pays: les potentialités, le degré atteint dans les études et dans la concrétisation;

b) Analyser le fonctionnement, l'entretien et l'exploitation des petites centrales hydroélectriques existantes;

c) Analyser les politiques adoptées en matière d'énergie, en particulier les programmes d'électrification des zones rurales, la détermination des pouvoirs publics à mener à bien l'électrification des zones rurales, et les modalités suivant lesquelles ils prévoient d'y donner une suite concrète (extension du réseau national d'alimentation, installation de générateurs diesel, ou mise en place de petites centrales hydroélectriques, ou encore peut-être utilisation d'autres sources d'énergie nouvelles et renouvelables);

d) Evaluer le rôle des petites centrales hydroélectriques en tant que source d'énergie dans le programme d'électrification des zones rurales; recommander des stratégies en vue de l'utilisation de petites centrales hydroélectriques chaque fois que possible;

e) Si les projets de petites centrales hydroélectriques ayant déjà fait l'objet d'études sont en nombre insuffisant, inciter les administrations concernées à choisir des sites potentiels en procédant à des évaluations rapides. Il s'agit d'études sur dossier permettant de définir des sites pour des petites centrales hydroélectriques. Les potentialités hydrauliques peuvent être estimées à partir de cartes. Celles-ci indiquent les portions de cours d'eau présentant des pentes utilisables et donnent des évaluations des bassins versants. Il faut également analyser les précipitations annuelles tombant sur la région. Les sites à retenir doivent avoir une population suffisante et être accessibles à partir des grands axes routiers. Attendre des études détaillées de la faisabilité des projets de petites centrales hydroélectriques ne peut que retarder le développement des zones rurales et, de toute façon, dans la plupart des cas, les résultats ne seraient pas tellement meilleurs que ceux des évaluations rapides, surtout dans le cas de projets au fil de l'eau. En Europe et en Amérique, à l'époque des premières petites centrales hydroélectriques, on s'est fondé pour leur implantation sur des évaluations rapides et cela a permis aux pays de développer leurs zones rurales. Il convient de noter que les centrales de ce type doivent rester de dimensions modestes; elles peuvent avoir une capacité de 10 kW ou d'un peu plus. Un groupe électrogène de 10 kW suffit pour répondre aux besoins énergétiques de 500 ménages ruraux en couvrant les besoins des activités de production suivantes:

i) Fourniture de 10 000 litres d'eau potable par jour;

ii) Réfrigération d'une capacité de 150 litres pour le stockage de denrées périssables essentielles ou de médicaments;



- iii) Deux groupes électrogènes pour des industries artisanales;
- iv) Eclairage du village;
- v) Mouture de deux tonnes de farine par jour.

f) Bien que des études de faisabilité soient indispensables pour tous les projets de petites centrales hydroélectriques, mettre au point des stratégies permettant de réduire les coûts des plans techniques ainsi que le délai imparti pour les études. L'une des méthodes pourrait consister à faire appel à des spécialistes nationaux et à utiliser des programmes informatiques spécialement conçus pour les petites centrales hydroélectriques;

g) Contribuer à ce que la conception, la supervision de la construction et de l'installation des petites centrales hydroélectriques soient confiées à des techniciens locaux, encourager la constitution de bureaux nationaux de consultants et d'études techniques;

h) Trouver des techniciens locaux capables de mener à bien la construction et encourager la création d'entreprises de construction de petites centrales hydroélectriques;

i) Définir quelles sont les pièces pouvant être produites par les ateliers locaux sans nécessiter d'équipements supplémentaires ni de rajustement des machines. Evaluer également dans quelle mesure les ateliers de production peuvent, à partir de la lecture de dessins industriels détaillés, définir quelles sont les méthodes de production à appliquer ainsi que les équipements et les outillages requis. Evaluer dans quelle mesure les ateliers de production peuvent planifier quels articles ils peuvent eux-mêmes produire, lesquels doivent être produits par des sous-traitants et lesquels doivent être achetés;

j) Evaluer dans quelle mesure des institutions de soutien peuvent aider les ateliers de production pour l'élaboration de plans de fabrication détaillés, l'étude technique des procédés de fabrication, la conception et les prescriptions techniques des outillages nécessaires. Si les institutions de soutien ne sont pas à la hauteur, recommander d'autres options possibles, de façon à ne pas retarder l'implantation de la production locale de pièces de petites centrales hydroélectriques;

k) Lors de l'élaboration de projets de petites centrales hydroélectriques, préciser pour chaque projet les tâches dont les entreprises locales peuvent s'acquitter; veiller à ce que d'un projet au projet suivant, la participation locale soit toujours plus grande, ce qui permettrait de réduire la part en devises des coûts des projets de petites centrales hydroélectriques;

l) Se mettre en rapport avec les autorités gouvernementales pour la recherche de fonds pour les projets de petites centrales hydroélectriques;

m) Coordonner les activités des producteurs, des institutions de soutien, des entreprises privées, des usagers ou des collectivités durant la phase de mise en place des projets de petites centrales hydroélectriques;

n) Recommander, pour ce qui a trait aux petites centrales hydroélectriques, l'utilisation par tous les fabricants de plans et de caractéristiques techniques standardisés, ce qui garantirait l'interchangeabilité des pièces de rechange;

o) Faire en sorte que l'énergie générée par les petites centrales hydroélectriques soit exploitée au maximum, en créant des activités économiques pour la population rurale.

70. Le centre de liaison créé au niveau national est une institution chargée d'activer la mise en valeur de petites centrales hydroélectriques et d'en faire un processus permanent, au bénéfice des populations rurales du pays. Son principal objectif est de permettre aux collectivités rurales d'avoir accès à l'électricité

à des coûts abordables. Dans la structure gouvernementale, ce centre de liaison peut être placé au sein soit du ministère de l'énergie, soit de la commission des ressources en eau, soit de la direction du développement rural ou de toute autre direction appropriée s'occupant de la promotion des petites centrales hydroélectriques au service du développement économique de la population rurale. Par exemple, au Népal, la Banque de développement agricole fait office de centre de liaison pour la production locale de turbines, en accordant des crédits rapides et en coordonnant les activités des fabricants, des entrepreneurs privés et des usagers.

71. La création d'un centre de liaison au niveau régional (à la CEA) permettrait aux Etats membres de tirer plus facilement parti de leurs sources locales d'énergie pour améliorer les conditions de vie de leurs populations rurales. A cet égard, le centre de liaison régional organiserait des ateliers et des séminaires et monterait - dans des endroits adéquats dans les sous-régions - des usines de démonstration, concernant la recherche rapide de sites pour des petites centrales hydroélectriques, les études de faisabilité, les stratégies de construction et d'installation, la fabrication de pièces pour des petites centrales ainsi que l'exploitation optimale de l'énergie générée au service du développement économique rural.

72. Le centre de liaison régional rassemblerait des données relatives à l'évolution des petites centrales hydroélectriques et les diffuserait auprès des Etats membres au moyen de publications périodiques. Il aiderait les Etats membres à définir des plans et des caractéristiques techniques standardisés pour les pièces et parties de petites centrales, de façon que les utilisateurs aient pour leurs appels d'offres un choix plus large de fabricants. Afin d'élever le rendement des petites centrales hydroélectriques, il serait souhaitable d'avoir des manuels et des guides pour la fabrication, l'installation, l'exploitation et l'entretien; la participation du centre de liaison régional à l'élaboration de tels documents et à l'organisation périodique de séminaires sous-régionaux ne peut que favoriser le développement des petites centrales hydroélectriques.

73. Le centre de liaison régional peut aussi promouvoir le commerce entre Etats membres voisins de pièces de petites centrales, ainsi que de services de conception et de réalisation. Il ferait paraître périodiquement des publications sur la situation des petites centrales hydroélectriques dans les Etats membres, décrivant de façon détaillée les moyens et compétences techniques des ateliers, leurs installations, les innovations technologiques et autres données utiles, pour informer les Etats membres des possibilités de leurs voisins et leur permettre de décider du degré de leur coopération mutuelle.

## **6.0 Rôle des pouvoirs publics dans le développement durable des petites centrales hydroélectriques**

74. Si tous les pays africains ont accordé la priorité aux programmes d'électrification des zones rurales, très peu d'entre eux ont atteint leurs objectifs de manière satisfaisante. L'approvisionnement des zones rurales en électricité se fait généralement soit par l'extension du réseau national aux zones à électrifier, soit par l'installation de générateurs diesel isolés. Aucune de ces deux options ne satisfait ni les services publics de distribution, qui sont généralement responsables de l'extension des systèmes d'approvisionnement, ni les consommateurs des zones concernées. Du fait de la très forte sous-utilisation des capacités installées, les services publics de distribution ne peuvent recouvrer les fonds qu'ils investissent pour étendre le réseau ni faire face aux frais d'exploitation et d'entretien des générateurs diesel isolés. Dans les zones desservies, le rapport entre les branchements et le nombre d'habitants est très faible, d'où un très bas niveau d'utilisation de capacités. Par conséquent, les services publics de distribution sont peu disposés à soutenir la mise en oeuvre des programmes d'électrification des zones rurales décidés par les gouvernements.

75. La présente étude a démontré que les obstacles examinés ci-dessus peuvent être surmontés par l'installation de minicentrales hydroélectriques dans le cadre de programmes d'électrification des zones rurales au lieu du recours aux systèmes d'approvisionnement classiques. La création d'une cellule de promotion des minicentrales hydroélectriques au sein de l'appareil d'Etat permettrait de coordonner les activités des entreprises privées (ateliers), des collectivités locales, des institutions financières, des services de distribution et des autorités publiques appropriées. Même si la cellule nationale de liaison est chargée

du développement durable des minicentrales hydroélectriques, l'intervention des pouvoirs publics serait nécessaire dans plusieurs domaines, notamment en ce qui concerne :

- a) L'orientation gouvernementale en matière d'utilisation des cours d'eau et des fleuves pour l'approvisionnement en eau potable, l'irrigation, l'exploitation de moulins à eau et la production d'électricité;
- b) La réalisation d'études de faisabilité sur les minicentrales hydroélectriques ou l'octroi de subventions aux études y afférentes entreprises par des consultants privés;
- c) Les dégrèvements fiscaux (exonération de droits de douane et de taxes à l'achat dans la mesure du possible) à consentir pour les matières premières devant être utilisées dans la fabrication des pièces des minicentrales hydroélectriques;
- d) L'octroi par l'Etat de subventions pendant les premières phases des programmes relatifs aux minicentrales hydroélectriques;
- e) La fourniture de facilités de crédit et l'accès aux financements internationaux;
- f) L'assistance à la mise en place d'institutions locales (bureaux régionaux, coopératives, entreprises municipales ou sociétés privées);
- g) L'appui aux structures de contrôle de la qualité et leur promotion;
- h) La promotion des normes en matière de conception et de spécifications techniques;
- i) L'assistance en matière d'élaboration de manuels et de principes directeurs pour la fabrication, l'exploitation et l'entretien des installations;
- j) L'organisation et la coordination de programmes nationaux de formation relatifs aux minicentrales hydroélectriques;
- k) Le suivi et l'évaluation des progrès réalisés dans la mise en place de minicentrales hydroélectriques.

#### **7.0 Comparaison des coûts des matériaux locaux et importés nécessaires à la construction des minicentrales hydroélectriques**

76. La présente étude a pour objectif principal de faire prendre conscience aux Etats africains que la production locale de matériel électrique peut permettre de réduire substantiellement les investissements en devises nécessaires à la mise en place de minicentrales hydroélectriques. En outre, le coût par kWh sera considérablement réduit si l'énergie produite est efficacement utilisée pour le développement économique des zones rurales.

Tableau 3 :

	Option minicentrale hydroélectrique	Option générateur diesel
1. Puissance	100 kW	100 kW
2. Demande annuelle	350 000 kWh	350 000 kWh
3. Coût par kW	3 500 dollars E.-U.	340 dollars E.-U.
4. Coût total	350 000 dollars E.-U.	34 000 dollars E.-U.
5. Durée de vie	20 ans	10 ans
6. Frais annuels d'entretien et d'exploitation	1,5% de l'investissement	5% de l'investissement
7. Consommation de carburant	-----	0,4 l/kWh
8. Coût du carburant par litre	-----	0,5 dollar E.-U./l
9. Annuités au taux d'intérêt supposé de 7%	33 000 dollars E.-U.	4 840 dollars E.-U.
10. Frais annuels d'exploitation et d'entretien	5 520 dollars E.-U.	1 700 dollars E.-U.
11. Coût du carburant	-----	70 000 dollars E.-U.
12. Coût annuel total (9+10+11)	38 250 dollars E.-U.	76 540 dollars E.-U.
13. Coût par kWh	0,109 dollar E.-U.	0,219 dollar E.-U.

**Frais d'entretien et de réparation**

Minicentrale hydroélectrique

1,5% par an

Générateur diesel

5% par an

Personnel d'exploitation :

assistant

50 dollars E.-U. par mois

travailleur qualifié

100 dollars par mois

superviseur

200 dollars par mois

**Investissement pour une installation de 100 kW**

Minicentrale hydroélectrique 350 000 dollars E.-U.

Générateur diesel 52 000 dollars E.-U.

77. Prenons comme hypothèse l'électrification d'une petite ville dans un endroit reculé : le taux annuel d'utilisation de la capacité installée doit être de 40% et l'installation est située à 5 km de la ville; les dépenses d'investissement tiennent compte de la ligne de distribution reliant l'installation à la ville desservie. La production annuelle totale est de 350 000 kWh.

78. On trouvera ci-après une comparaison des dépenses annuelles :

	Minicentrale hydroélectrique	Générateur diesel
Puissance de l'installation	100 kw	100 kw
Annuités	32 900 dollars	6 500 dollars
Personnel d'exploitation	8 000 dollars	6 000 dollars
Entretien et réparation	5 300 dollars	2 600 dollars
Carburant et lubrifiant	-----	68 200 dollars
Dépenses annuelles totales	46 200 dollars	83 300 dollars
Coût net par kWh	0,13 dollar	0,24 dollar

**Remarque :** Sous réserve de la disponibilité d'eau et de la demande des consommateurs, toute augmentation de la demande entraînera une réduction du coût unitaire par kWh dans le cas de la minicentrale hydroélectrique. Le coût par kWh pour le générateur diesel ne changera pas car le carburant constitue le principal poste de dépense.

#### 8.0 Etude de cas : le projet de Yadot en Ethiopie

79. Afin de démontrer que la fabrication locale d'éléments des minicentrales hydroélectriques peut considérablement influencer sur l'investissement initial relatif à ces dernières, la situation réelle d'un projet de minicentrale hydroélectrique en Ethiopie a été analysée. La minicentrale hydroélectrique Yadot est un projet au fil de l'eau mis en route en 1990 et dont la puissance est de 365 kW.

80. L'étude de faisabilité de la minicentrale hydroélectrique Yadot a été menée à terme en mai 1984 dans le cadre du programme de développement PNUD/Ethiopie relatif aux petits projets hydroélectriques en Ethiopie. Au titre de ce programme, 12 sites ont été étudiés pour un coût de 1 313 500 dollars E.-U. pour la composante devises, la composante locale s'élevant à un montant équivalent à 1 492 570 dollars. Pour chaque site, l'étude de faisabilité a coûté en moyenne 234 000 dollars.

81. L'Agence suédoise d'aide au développement international (ASDI) a retenu le projet de Yadot pour exécution. Elle a également engagé sous contrat un consultant pour procéder à une étude sociale et écologique ainsi qu'à une évaluation approfondie du projet. Enfin, le même consultant a mis la dernière main au projet et assuré la supervision pendant la construction et la mise en service pour un coût total de 500 000 dollars.

82. Une possibilité supplémentaire d'emmagasiner quotidiennement d'eau a été ajoutée à la minicentrale hydroélectrique de Yadot dans la dernière phase de la conception grâce à un barrage de 4 mètres de haut. Le bief d'amont retenu dans la conception finale comprend un canal en corniche de 1 140 mètres de long, un bassin de mise en charge et une conduite forcée d'environ 180 mètres de long. La chute d'eau de 30 mètres est utilisée par deux turbines Francis pour produire 2 x 365 kW d'électricité. L'eau retourne au cours d'eau par un canal de fuite.

83. Les principales caractéristiques du projet se présentent comme suit (seule une unité d'une puissance de 365 kW est installée) :

### Caractéristiques du projet Yadot

<u>Type</u>	<u>Système au fil de l'eau avec emmagasinage quotidien</u>
<b><u>Hydrologie</u></b>	
aire de captation	515 km <sup>2</sup>
débit moyen	5,6 m <sup>3</sup> /s
rendement spécifique	10,8 l/sec/km <sup>2</sup>
pluviométrie moyenne	900 mm/an
volume utile	1 700m <sup>3</sup>
<b><u>Structure de dérivation</u></b>	
hauteur	4 mètres
longueur	67 mètres
débit du déversoir	750m <sup>3</sup>
chute en amont	135 mètres
<b><u>Prise d'eau</u></b>	
type	aqueduc
coupe longitudinale (mètres)	2 x 1,55
débit	2,8 m <sup>3</sup> /s
inclinaison	0,7
largeur du radier	1,2 mètres
vitesse de débit	0,8 m/s
<b><u>Bassin de mise en charge</u></b>	
coupe longitudinale	rectangulaire
superficie	150 m <sup>2</sup>
volume	585m <sup>3</sup>
<b><u>Conduite forcée</u></b>	
type	tuyau enfoui
matériel	GRP
diamètre	1 100/1 000mm
longueur	183 mètres
blocs d'ancrage	1
<b><u>Centrale électrique</u></b>	
type	béton
dimension	8 x 13 x 4 mètres
volume de l'enceinte	416 m <sup>3</sup>
volume bétonné	200 m <sup>3</sup>
<b><u>Turbine</u></b>	
type	turbine Francis horizontale
puissance	2 x 365 kW
débit maximum	2 x 1,4m <sup>3</sup> /sec
hauteur de charge nominale	30 mètres
vitesse	600tpm

**Générateur**

puissance	2 x 440 kW
facteur de puissance	0,8
tension	380 volts

**Capacité de production**

1ère phase, une unité	2,80 GWh
2ème phase, deux unités	4,90 GWh

**Calendrier de construction**

étude détaillée, appel d'offres et adjudication du contrat	6 mois
fabrication des pièces et installation	22 mois

On trouvera ci-après un récapitulatif du coût du projet :

Etude de faisabilité	234 000 dollars
Etudes techniques, services de consultants	500 000 dollars
Construction de l'ouvrage de génie civil	342 000 dollars
Installations électromécaniques	675 000 dollars
<b>Coût total</b>	<b>1 751 000 dollars</b>
coût par kW	4 800 dollars
dont l'étude et les services de consultants représentent	2 011 dollars/kW

84. Au moment où l'ASDI a décidé de financer le projet de Yadot, ni le consultant ni le Gouvernement éthiopien n'avait envisagé de composante locale pour le projet. En fait, on avait considéré que tous les éléments seraient importés, y compris les services d'études techniques (les coûts détaillés figurent dans l'annexe II).

85. A la suite de cette étude, une enquête a été menée sur la capacité locale de fabrication de certaines pièces de la minicentrale hydroélectrique. C'est ainsi qu'un atelier qui avait déjà une expérience en matière de fabrication de turbines hydrauliques a été saisi en vue d'une cotation concernant la deuxième unité de la turbine de Yadot. La cotation est jointe à la présente étude dans l'annexe I. On trouvera ci-après une comparaison du coût du projet Yadot tel qu'il a été établi en 1990 (tous les éléments étaient importés) et la cotation fournie par l'atelier du Village d'enfants Selam aux prix de 1995 :

**Projet de Yadot de construction d'une minicentrale  
hydroélectrique d'une puissance de 365 kW**

	<b>Pièces fabriquées localement aux prix de 1995 proposés par l'atelier du Village d'enfants Selam</b>	<b>Pièces importées de Suède aux prix de 1990</b>
1. Canal d'amenée 180 m	39 000 dollars E.-U.	93 043 dollars E.-U.
2. Turbine à eau, vanne	25 320 dollars E.-U.	273 932 dollars E.-U.
3. Générateur	N.C.	217 000 dollars E.-U.
4. Panneaux, accessoires	N.C.	127 500 dollars E.-U.
<b>Total</b>		<b>621 475 dollars E.-U.</b>

86. Il n'y avait pas de cotation pour les générateurs, les panneaux et les accessoires. A l'heure actuelle, l'Ethiopie ne produit pas de générateurs. Toutefois, les panneaux et les accessoires pourraient être montés sur place à un prix total plus bas que dans le cas des pièces importées. Les générateurs peuvent également être fabriqués dans des pays africains voisins tels que le Kenya ou le Zimbabwe et des échanges commerciaux avec ces pays pourraient être organisés, ce qui réduirait davantage le coût. Même lorsqu'on considère seulement le canal d'amenée et les turbines à eau comme apport local, le prix total des pièces de la minicentrale hydroélectrique est de 50% inférieur au coût des pièces importées. Selam a également fourni des cotations pour des turbines et des canaux d'amenée de différentes puissances allant jusqu'à 50 kW (voir annexe III).

87. Envisageons maintenant l'hypothèse où la zone de Yadot est alimentée en électricité par un générateur diesel de 365 kW. Le tableau 4 ci-après présente l'analyse économique des trois options possibles, en supposant une consommation d'énergie annuelle de 2 500 000 kWh.

88. Il ressort de l'analyse économique ci-dessus que le coût est moins élevé pour la minicentrale hydroélectrique que pour le générateur diesel, même dans le cas où les pièces de cette dernière sont importées. Lorsqu'une partie des pièces est fournie localement, l'investissement initial est considérablement réduit tout comme le coût du kWh. La stratégie à long terme pour assurer durablement l'électrification des zones rurales consiste donc à utiliser les ressources en hydroélectricité disponibles en ayant recours aux produits manufacturés et aux services techniques locaux.

89. Il faut noter que le coût des services d'études techniques du projet Yadot s'élève à 734 000 dollars, ce qui est excessif pour une centrale hydroélectrique simple au fil de l'eau. Outre, le coût, le temps consacré à l'étude de faisabilité ainsi que l'étude socio-écologique découragent le développement des minicentrales hydroélectriques. Comme cela a été indiqué plus haut, ces études approfondies ne sont pas nécessaires pour les minicentrales hydroélectriques.



**Tableau 4 : Analyse économique pour une centrale électrique d'une puissance de 365 kW**  
(montants en dollars E.-U.)

Rubriques	Minicentrale électrique avec certaines pièces locales	Minicentrale électrique avec des pièces importées	Générateur diesel importé
a) Puissance (kW)	365	365	365
b) Production annuelle (kWh)	2 500 000	2 500 000	2 500 000
c) Coût par kW	1 800	2 640	1 200
d) Investissement initial	657 000	963 600	438 000
e) Frais d'exploitation et d'entretien par an	1,5% de la rubrique d), soit 9 900	1,5% de la rubrique d), soit 14 500	5% de la rubrique d), soit 21 900
f) Durée de vie (années)	25	25	15
g) Taux d'intérêt %	10	10	10
h) Annuités de remboursement	72 400	106 200	57 600
i) Taux de consommation de carburant (l/kWh)	-----	-----	0,3
j) Coût du carburant	-----	-----	0,3
k) Coût du carburant	-----	-----	225 000
l) Dépenses annuelles totales (e) + (b) + (k)	82 300	120 700	304 500
m) Coût par kWh (l)/(b)	0,033	0,048	0,122

## V. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

90. Le développement économique des zones rurales de tout pays exige la fourniture d'une énergie marchande à faible coût qui favorise de nouvelles activités économiques dans ces zones. La plupart des gouvernements des Etats africains se sont efforcés de satisfaire ce besoin en énergie de leurs populations rurales grâce à des programmes judicieux d'électrification des zones rurales. Ces programmes se fondaient sur l'extension des réseaux ou sur la fourniture d'électricité à partir de générateurs diesel non reliés aux réseaux. Dans la plupart des cas, ils ont eu un impact limité sur l'approvisionnement en électricité des populations rurales car le réseau couvrait une zone géographique extrêmement restreinte tandis que dans le cas des générateurs diesel les frais d'exploitation et d'entretien se sont révélés prohibitifs pour les revenus des populations rurales. Par conséquent, les consommateurs potentiels ne pouvaient pas payer l'électricité qui leur était fournie aux tarifs fixés par le fournisseur.

91. Les pays disposant des ressources nécessaires ont essayé de produire de l'électricité en installant des minicentrales hydroélectriques. Cependant, l'investissement initial par kW était extrêmement élevé et le pré-investissement ainsi que le temps consacré aux études étaient décourageants. Ces difficultés ont été contournées par certains pays en développement qui ont construit de très petites centrales hydroélectriques à très faible coût, sur de plus courtes périodes en ayant recours aux entreprises locales.

92. Après avoir confirmé que la plupart des Etats membres africains ont les installations et les capacités techniques nécessaires pour fabriquer les pièces des minicentrales hydroélectriques, la présente étude arrive à la conclusion que ces pays peuvent satisfaire les demandes d'électrification de leurs zones rurales par la mise en valeur durable de leurs ressources hydroélectriques étant donné que l'utilisation d'éléments locaux permet de réduire considérablement l'investissement initial pour les minicentrales hydroélectriques.

93. Il ressort également de la présente étude qu'à l'heure actuelle peu d'études ont été réalisées sur les minicentrales hydroélectriques en vue d'une mise en valeur durable des ressources hydroélectriques. Par conséquent, les Etats membres doivent adopter des stratégies rapides pour entreprendre des études en vue d'entamer immédiatement la réalisation de ces centrales. Enfin, les mécanismes institutionnels et organisationnels ainsi que le rôle des pouvoirs publics dans la promotion des minicentrales hydroélectriques ont été analysés.

94. Pour promouvoir le développement durable des minicentrales hydroélectriques dans l'immédiat, l'étude recommande le plan d'action ci-après :

a) Création du centre de liaison régional et de centres de liaison nationaux pour le développement durable des minicentrales hydroélectriques dans les Etats africains disposant d'abondantes ressources pour l'hydroélectricité;

b) Réalisation d'études rapides sur les minicentrales hydroélectriques dans les Etats africains disposant de ressources pour l'hydroélectricité;

c) Mise en place d'ateliers de démonstration pour la production de pièces de minicentrales hydroélectriques dans les Etats africains et utilisation optimale de l'énergie produite pour entreprendre des activités productives.

95. Ces mesures sont élaborées et jointes à la présente étude sous forme de projets I, II et III. Un quatrième projet est également élaboré et joint à la présente étude. Ce dernier étant un projet d'exécution, il exige la participation du PNUD, de la Banque mondiale, d'institutions financières et de pays donateurs.

## Annexe I

**Projet Yadot de construction d'une minicentrale hydroélectrique**  
**Offre pour la deuxième turbine hydraulique et le canal d'amenée**  
**d'une puissance de 365 kW, soumise par le Village d'enfants Selam**  
**Addis Abeba**

Désignation	Quantité	Prix unitaire (dollars E-U)	Prix total (dollars E-U)
1. Conduite forcée construite avec des tôles noires d'un diamètre de 1,1m	180 mètres	180,32	32 457,60
2. Robinet - vanne d'arrêt	3 pièces	648	1 944
3. Joint de dilatation	3 pièces	972,80	2 918,40
4. Serre-tuyaux en fer plat (2000 x 50 x 8) mm	36 pièces	14,08	506,88
5. Tuyau de raccordement en tôle de 3 mm - diamètre : 1,1 m à 1,4m - longueur : 0,4 m à 2m	1 pièce	1 115,20	1 115,20
6. Tuyau d'aspiration en tôle noire de 3mm - diamètre : 0,4m à 1,4m - longueur : 1m à 1,1m	1 pièce	564,80	564,80
7. Turbine hydraulique pour produire 365 kW d'électricité - largeur : 1,4m - diamètre de la roue : 0,4m - fabriquée avec de la tôle noire de 6mm et 10mm	1 pièce	17 001,60	17 001,60
8. Montage			4 480
9. Transport			3 840
Coût total			64 828,48

**Annexe II**

**Projet Yadot de construction d'une minicentrale hydroélectrique  
Puissance 365 kW  
Pièces entièrement importées de Suède  
Financé par l'ASDI**

Désignation	En Birr	En dollars E-U
1. Conduite forcée et raccordements	192 600	93 043
2. Jeu complet de turbine	438 700	211 932
3. Générateur	207 600	100 290
4. Transformateurs	31 780	15 396
5. Appareillage de commutation haute tension	20 860	10 077
6. Appareillage de commutation basse tension	95 840	46 300
7. Commande et protection	18 280	8 831
8. Installations auxiliaires	41 950	20 266
9. Conditionnement, transport maritime	61 000	29 496
10. Etudes techniques et construction	195 000	94 203
Total	1 303 700	629 807
A. Canal d'amenée et tuyauterie		13 043
B. Jeu complet de turbine		211 932
C. Conditionnement et transport maritime (seulement la turbine, en supposant que les frais représentent 50% du montant total)		15 000
D. Etudes techniques et construction, en supposant que les frais représentent 50% du montant total		47 000
Montant total pour le canal d'amenée et la turbine		366 975
Comparer ce coût à celui des éléments fabriqués localement tel que proposé par le Village d'enfants Selam		64 828

## Annexe III

**Centre professionnel Selam  
Addis-Abeba  
Coût de la turbine hydraulique  
Tous les prix sont donnés en birr éthiopien  
1 dollar E.-U. = 6,25 birr**

Type de turbine	Coût de la turbine	Aspirateur-diffuseur 1000 mm	Tuyau adaptateur 600 mm	Garnitures 2 pièces	Boulons 8 pièces	Poulie
W75	16 000	360	320	120	32	650
W95	16 500	320	320	125	32	650
W120	17 000	380	340	130	32	650
W150	17 500	380	340	340	32	650
W190	18 000	400	360	150	(10 pièces) 40	650
W240	18 500	410	380	160	40	650
W300	19 000	440	390	170	50	700
W380	19 600	460	420	175	(12 pièces) 60	700
W480	20 400	480	440	180	60	730
W570	21 000	495	450	185	60	730
W700	22 500	520	465	190	60	750

**Remarque :** La turbine de type W240 a une puissance de 25 kW pour une hauteur de 20 m. La turbine W700 a un diamètre de 200 mm et sa puissance est actuellement de 50 kW pour 20 m de hauteur.

## REFERENCES

1. "Mini hydro power stations". (manuel à l'intention des décideurs). Elaboré par le programme de technologie de l'ONUDI et l'Organisation latino-américaine pour l'énergie (OLADE UNIDO/IS.225.27 avril 1981).
2. Technology and Employment Paper: "Institutional and Organizational Aspects of Promoting the Use of Water-Turbines in Nepal", by S.N. Sharma.  
  
WEP. 2-22/WP-181 OIT, octobre 1987.
3. African Energy Program: Sectoral Report, Electricity Volume I,  
Banque africaine de développement, mars 1994
4. Marco-hydro Power and Hydraulic Ram Pump Technologies,  
By David Roschli.  
Selam Centre de formation, Addis Abeba, septembre 1994.
5. Exposés sur l'énergie photovoltaïque : Investir dans le développement.  
Conférence organisée par le Département de l'énergie des Etats-Unis d'Amérique, 4 - 6 mai,  
Nouvelle-Orléans, Etats-Unis d'Amérique.
6. Expérience chinoise en matière de petites centrales hydroélectriques : Document élaboré par le  
ministère des eaux,  
République populaire de Chine  
UNIDO/IS.284, 2 février 1982
7. Electrical Power Equipment Production in Developing Countries: Options and Strategies;  
Sectoral Working Paper Series.  
UNIDO/IS.507, 7 janvier 1985.
8. Brève description de l'usine de pièces détachées et d'outils à main d'Akaki, février 1995.