

REPUBLIQUE RWANDAISE

*Rapport Général
et Actes*

DU

**1^{er} SEMINAIRE SUR LES APPORTS DES ENERGIES
RENOUVELABLES A LA GESTION DE L'ENERGIE
ET DE L'ENVIRONNEMENT AU RWANDA
TENU A KIGALI DU 10 AU 15 JANVIER 1983**

Publié par l'Université Nationale du Rwanda
Centre d'Études et d'Applications de l'Énergie
au Rwanda (C.E.A.E.R)

B.P 117 Butare

Avant propos

Cet ouvrage a été préparé par le Secrétariat du Séminaire. Il reprend en une première partie le rapport sur le déroulement des activités du Séminaire. La deuxième partie, rassemble tous les discours, toutes les Communications, ainsi que les recommandations générales.

Les autorités du Campus Universitaire de Butare et celles de l'Environment Training and Managment in Africa ont permis de compléter le reliquat de la subvention accordée par la Présidence du M.R.N.D. pour couvrir les frais de la publication de cet ouvrage. Les remerciements leur sont formulés.

Les remerciements reviennent également à tous les conférenciers qui ont présenté leurs Communications respectives au Secrétariat.

Il convient de louer les efforts de tous les membres de l'Organisation en particulier ceux dépensés par Messieurs KARENZI Pierre Claver et NTAKIRUTINKA Charles dans leur rôle de Coordinateurs du 1er Séminaire sur les Apports des Energies Renouvelables à la Gestion de l'Energie et de l'Environnement au Rwanda.

Prosper MPAWENAYO

Mars 1983



Table de Matières

Introduction		<u>Pages</u>
	Ière Partie: RAPPORT GENERAL	
Chapitre I	Organisation	I
Chapitre II	Déroulement	13
Chapitre III	Rapports des Travaux en groupe et Recommandations	29
	IIème Partie: ACTES	
Chapitre I	Séance d'ouverture	45
Chapitre II	Première Session	60
Chapitre III	Deuxième Session	107
Chapitre IV	Troisième Session	140
Chapitre V	Quatrième Session	180
Chapitre VI	Cinquième Session	365
Chapitre VII	Séance de clôture	429

Première Partie :

R A P P O R T G E N E R A L

Chapitre I: ORGANISATION

I.1. Cadre du Séminaire

A l'initiative du Centre d'Etudes et d'Applications de l'Energie au Rwanda (C.E.A.E.R.) de l'Université Nationale du Rwanda, Campus de BUTARÉ,
Le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique,
Le Ministère des Affaires Sociales et du Développement Communautaire
Le Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage
Le Ministère des Ressources Naturelles

avec la Collaboration de
L'Environnement Training and Management in Africa (ETMA)
Les Volunteers in Technical Assistance (VITA)

avec l'aide de United States Agency for International Development (USAID) et la Présidence du M.R.N.D.

ont organisé du 10 au 15 Janvier 1983 à Kigali un Séminaire sur
"LES APPORTS DES ENERGIES RENOUVELABLES A LA GESTION DE L'ENERGIE
ET DE L'ENVIRONNEMENT AU RWANDA".

I.2. Lieu

Salle polyvalente du Palais du M.R.N.D. à Kimihurura.

I.3. Objectifs du Séminaire

- A. Etudier le problème de la dégradation de l'environnement causé par la pression actuelle sur les ressources énergétiques.
- B. Identifier et sélectionner les technologies des énergies renouvelables susceptibles de réduire les pressions actuelles sur les ressources naturelles - l'eau, le sol, le bois, l'air et les hydrocarbures.
- C. Favoriser l'échange d'expérience entre les institutions oeuvrant au Rwanda pour la promotion des énergies renouvelables dans le but de permettre une coordination des différentes activités dans ce domaine.
- D. Informer le peuple Rwandais sur les avantages de l'utilisation des technologies des énergies renouvelables et l'importance de la protection de l'environnement.
- E. Sensibiliser les Institutions locales et étrangères sur la nécessité de soutenir davantage les initiatives Rwandaises en matière d'énergies renouvelables.
- F. Permettre un échange d'expérience avec les représentants d'autres pays d'Afrique connaissant des problèmes semblables.

I.4. Contributions des parties signataires et moyens logistiques

I.4.1. Contributions

A. RWANDA

- a. Assurer la coordination des activités du Séminaire
- b. Lancer les invitations aux participants
- c. Fournir des salles de réunions et des bureaux pour la planification, l'organisation et la tenue du Séminaire
- d. Inviter des spécialistes nationaux à faire des communications
- e. Assurer les réservations à l'hôtel, organiser les visites sur le terrain et le transport
- f. Supporter une exposition des technologies des énergies renouvelables.
- g. Préparer la publicité et les annonces du Séminaire
- h. Offrir les réceptions pour accueillir les participants au Séminaire et à la clôture
- i. Fournir le matériel pour la sonorisation et faire le montage du scénario d'un Séminaire

B. INSTITUTIONS AMERICAINES

- a. Deux spécialistes des Etats-Unis dans les domaines de l'énergie et de l'environnement (Sylvi-culture, agro-sylviculture, gestion des ressources)
- b. Un spécialiste dans les cuisinières améliorées
- c. Supporter les frais de voyage et d'hébergement pour les spécialistes Africains invités au Séminaire.
- d. Fournir le matériel nécessaire pour chaque participant à la prise de notes
- e. Prendre en charge le personnel du CEAER impliqué dans l'organisation du Séminaire
- f. Supporter les frais inhérents à l'évaluation du Séminaire
- g. Supporter les frais des transports et de restauration au cours de la visite sur le terrain
- h. Supporter le coût des travaux de bureau, de fourniture et de matériel d'instruction directement liés au Séminaire: (Secrétariat, Polycopie, films, Diapositives, appareils de projection)
- i. Supporter les frais de transport des Délégués Américains pendant le Séminaire.
- j. Supporter les frais de restauration des participants Rwandais dans le besoin

14.2. Budget du Séminaire

ITEM	MONTANT en FRW	SOURCES
Perdiem, logement des Participants de l'U.N.R.	600.000	U.N.R. ETMA
Per diem et Transport des participants Rwandais ne résidant pas à Kigali	estimé à 600.000	Services employeurs
Réception à l'Ouverture	50.000	U.N.R.
Transport des participants	420.000	ETMA - UNR
Transport et per diem des participants étrangers	1.857.600	ETMA - VITA
Logement des participants Rwandais non supportés par d'autres organismes	230.000	M.R.N.D.
Salaires du personnel Américain chargé de la préparation du Séminaire	500.000	ETMA - VITA
Frais de bureau, Secrétariat et documentation	300.000	ETMA - VITA
Evaluation	75.000	ETMA
Transport intérieur dans KIGALI	300.000	M.R.N.D.
Repas lors de la visite à BUTARE et repas des participants Rwandais dans le besoin	150.000	ETMA
Réception à la Clôture	70.000	M.R.N.D.

1.4.3. Contribution aux Dépenses

ITEM	SERVICE
1. <u>Préparation du Séminaire</u>	
- Recherche de fonds, et des moyens matériels	U.N.R. - C.E.A.E.R.
- Invitations	
2. - Documentation relative à la matière à traiter	ETMA - VITA
3. - Documentation relative aux travaux du Séminaire	U.N.R. - C.E.A.E.R.
4. - Local des exposés, terrain de l'exposition, local de secrétariat et autres	Présidence du M.R.N.D.
5. - Transport des participants à l'intérieur du pays	Présidence du MRND, U.N.R., MINASODECO, MINESUPRES, Véhicules privés.
6. - Transport aérien des délégués étrangers	ETMA - VITA
7. - Per diem des délégués étrangers	ETMA - VITA
8. - Per diem des organisateurs du CEAER.	ETMA
9. - Per diem participants Rwandais	Services respectifs
10. - Frais de montage et Publications	U.N.R.- ETMA- MRND -
11. - Appareils de l'Audio-Visuel	U.N.R.- Centre Culturel Américain
12. - Réception à l'Ouverture	U.N.R.
13. - Réception à la clôture	Présidence du MRND
14. - Logement des participants non supportés	Présidence du MRND
15. - Restauration	ETMA

1.5. Fonction et Personnel de l'Organisation du Séminaire

1.5.1. Fonctions

- Bureau des Chairmen : Président des Sessions - Conseils d'Orientation.
- Protocole et Accueil: Logement, restauration, transport, réception
- Animation de l'Exposition à Kigali : Création Physique explication - publicité
- Animation de l'Excursion à Butare : Vérification des installations, documentation de la visite,
- Transport
- Secrétariat : Invitation
Sélection des Communications
Enregistrement des participants
Distribution des documents
Reproduction de documents
Publications des actes
Projections
- Coordination: Disponibilité des moyens - rapidité des interventions
Gestion globale des activités
- Présidents et Rapporteurs des travaux en groupe
- Evaluation

1.5.2. Personnel

Coordination

1. MPAWENAYO Prosper
2. NTAKIRUTINKA Charles
3. KARENZI P. Claver

Bureau des Chairmen

1. M. KAMBANDA Déogratias : Chairman des Séances d'Ouverture et de Clôture
2. M. KARANGWA Casimir : Chairman de la 1ère Session
3. M. BIROLI Phéneas : Chairman de la 2ème Session
4. M. NTAKIRUTINKA Charles: Chairman de la 3ème Session
5. M. KARENZI P. Claver : Chairman de la 4ème Session 1ère partie
6. M. GASENGAYIRE François: Chairman de la 4ème Session 2ème partie
7. M. KAYIHUR. Vincent : Chairman de la 5ème Session
8. M. GASHEGU Dismas et
M. HIGANIRO Alphonse : Présidents des réunions de mise en commun

Organisation du transport : SWANAKEYE Jean Baptiste

Protocole et Accueil

1. NTAKIRUTINKA Charles
2. GASENGAYIRE François
3. SIMBIYOBWE Gaspard
4. TWAGIRUMUKIZA Joseph
5. BIROLI Phénéas
6. DEER Ruth

Animation de l'exposition à Kigali

1. NZABONIMANA Camille
2. BWANAKEYE Jean Baptiste
3. HARERIMANA Marc : Soudeur au CEAER
4. KABANDANA Célestin : Soudeur au CEAER
5. NKINAHORULI Jérôme : Soudeur au CEAER

Animation de l'excursion à Butare

1. SIMBIYOBWE Gaspard
2. BWANAKEYE Jean Baptiste
3. NZABONIMANA Camille
4. DEER Ruth

Secrétariat

1. NTAKIRUTINKA Charles
2. Dr KARENZI Pierre Claver
3. MPAWENAYO Prosper
4. SIMBIYOBWE Gaspard
5. RUHIRA Jean Pierre
6. TWAGIRUMUKIZA Joseph
7. MURWANASHYAKA François: Chef du Poul de Secrétariat
8. BWANAKEYE Marie Thérèse: Dactylographe
9. Technicien du son et de l'audiovisuel - RURANGWA Godefroid
10. KANSAYISA Alphonsine : Dactylographe
11. MUKAKARARA Valérie : Dactylographe
12. GATERA Jean : Polycopiste
13. MUJAWAMARIYA M. Goretti

Travaux en groupes

- 1er Groupe: Président: Mme MUKAYIRANGA Landrade
Rapporteur: M. MAGAMBO Jean
- 2ème Groupe: Président: M. NTAKIRUTINKA Charles
Rapporteur: M. MPAWENAYO Prosper
- 3ème Groupe: Président : M. KARANGWA Casimir
Rapporteur: M. KIZOZO Bin Famba
- 4ème Groupe : Président : M. TWAGIRUMUKIZA Joseph
Rapporteurs: Mlle MUKAMURENZI Annonciata et
M. NZABONIMANA Camille

Evaluation

1. BAHIGIKI Emmanuel
2. BALINDA Jean Bosco

Organisation de l'UMUGANDA du Samedi 15 Janvier

Biroli Phénéas

1.6. Liste des Participants au Séminaire

Prénom	Nom	Adresse
1. François	KABABUSIRE	MINISANTE B.P. 84 KIGALI
2. Jean Bosco	BALINDA	BUNEP B.P. 1337 KIGALI
3. Evariste	NSABIMANA	C.N.D. B.P. 352 Kigali
4. Enoch	RUHIGIRA	OCIR-CAFE B.P. 104 KIGALI
5. Frédéric	KAYOGORA	Sucrierie Rwandaise
7. NEGELE	HEINRICH	Service des Volontaires Allemands B.P. 86 KIGALI
8. Louis-M.	BABILLE	Rue de l'Amitié B.P. 44 BUTARE
9. KIZOZO	MUSHIMBI BIN FAMBA	E G L B.P. 1912 BUJUMBURA
10. Frédéric	MUPENDA	E G L B.P. 1912 BUJUMBURA
11. Emmanuel	BAHIGIKI	U N R - BUTARE B.P. 117 BUTARE
12. Charles	NTAKIRUTINKA	U N R - BUTARE B.P. 117 BUTARE
13. Pierre Cl.	KARENZI	U N R - BUTARE B.P. 56 BUTARE
14. Prosper	MPAWENAYO	U N R - BUTARE B.P. 117 BUTARE

15. Silas	HABUMUREMYI	Ministère des Travaux Publics B.P. 24 KIGALI
16. Jean	BIZIMANA	O R T P N B.P. 905 KIGALI
17. Ruth	DEER	VITA - CEAER B.P. 117 BUTARE
18. Michel	RUZIGANA	Usine d'Allumettes B.P. 689 BUTARE
19. Francesco	MAGGI	Coopération Suisse B.P. 597 KIGALI
20. Franca	RAMSEYER	Coopération Suisse B.P. 597 KIGALI
21. Camille	NZABONIMANA	C E A E R B.P. 117 BUTARE
22. Gaspard	SIMBIYOBWE	C E A E R B.P. 117 BUTARE
23. Innocent	SEBAGIRA	OVAPAM B.P. 178 KIGALI
24. Jean	NIRAGIRA	Ministère de l'Intérieur B.P. 446 KIGALI
25. Egbert	HOVINY	B.P. 1049 KIGALI
26. Charles	URAMUTSE	Ministère des Postes et Communications B.P. 720 KIGALI
27. Jean Baptiste	BWANAKEYE	C E A E R B.P. 117 BUTARE
28. Gabriel	MUNYANGAJU	A.I.D.R. - BUTARE B.P. 95 KIGALI
29. Alphonse	MUNYAZIKWIYE	U.N.R.- BUTARE B.P. 117 BUTARE
30. Valens	NDOREYAHU	U.N.R.- BUTARE B.P. 117 BUTARE
31. Jacques	LEPISSEYER	PNUD B.P. 445 KIGALI
32. Jacques D.	STEBLER	B.P. 1257 KIGALI
33. Vénant	BYEMERO	Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage B.P. 621 KIGALI
34. Phénéas	BIROLI	Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage B.P. 621 KIGALI

- | | | |
|------------------|---------------|---|
| 35. Johann | ZUBLIN | Projet Café et Cultures
Vivrières
B.P. 54 KIBUYE |
| 36. Samuel | HITIMANA | CRAFOP
B.P. 56 BUTARE |
| 37. Fred | WEBBER | 5797 BOGART
BOISE Idaho 8370
U S A |
| 38. Innocent | NDEKEZI | ELECTROGAZ
B.P. 537 KIGALI |
| 39. Richard | FORD | E T M A
Worcester, Massachusetts
01610 (617) 793 - 7201 |
| 40. Annonciata | MUKAMURENZI | U N R - C E A E R
B.P. 117 BUTARE |
| 41. Pierre C. | MUSEMINALI | Ministère de l'Economie et
du Commerce
B.P. 73 KIGALI |
| 42. Léon | NIMBONA | Ministère du Plan
B.P. 46 KIGALI |
| 43. Daniel | IYAMUREMYE | Ministère des Ressources
Naturelles
B.P. 413 KIGALI |
| 44. Emile | KAREGA | Ministère des Ressources
Naturelles
B.P. 413 KIGALI |
| 45. Casimir | KARANGWA | Ministère des Ressources
Naturelles
B.P. 413 KIGALI |
| 46. Joseph | ZIGIRABABILI | Ministère des Ressources
Naturelles
B.P. 413 KIGALI |
| 47. Robert | SHEFFIELD | C/o Délégation C C E
B.P. 515 KIGALI |
| 48. François | MAGAMBO | C/o B.P.E.S.
B.P. 816 KIGALI |
| 49. Valens | GASHAYIJA | BPEPERAT
B.P. 608 KIGALI |
| 50. J.M. Vianney | SIBOMANA | ONAPO
B.P. 914 KIGALI |
| 51. Joseph | TWAGIRUMUKIZA | Ministère des Affaires
Sociales et du Développement
Communautaire
B.P. 60 KIGALI |

52. Landrada	MUKAYIRANGA	Ministère des Affaires Sociales et du Développement Communautaire B.P. 60 KIGALI
53. Vincent	KAYIHURA	Ministère des Affaires Sociales et du Développement Communautaire B.P. 60 KIGALI
54. Marie G.	MUJAWAMARIYA	Ministère des Affaires Sociales et du Développement Communautaire B.P. 60 KIGALI
55. Robert	CHOME	Clos du Dressart B.P. 1180 Bruxelles
56. Bonaventure	NTIBITURA	OPROVIA B.P. 953 KIGALI
57. Audace	KABAYANDA	I N C N B.P. 2556 BUJUMBURA
58. Jôram	SIBORUREMA	O B K B.P. 279 KIGALI
59. David	MICHELANTE	Projet de Développement Global NYABIMATA B.P. 226 BUTARE
60. Thierry	KARAMAGE	Ministère de la Jeunesse et des Sports B.P. 1044 KIGALI
61. Albert	WRIGHT	ONERSOL B.P. 621 NIAMEY - NIGER
62. Joseph	NGARAMBE	ONATRACOM B.P. 619 KIGALI
63. Abdoulaye	M' BOW	CERER DAKAR - SENEGAL
64. Innocent	SABASAJYA	B G M B.P. 1263 KIGALI
65. Michel	BAKUZAKUWUNDI	B G M B.P. 1263 KIGALI
66. Rita	MIVUMBI-MUKARAGE	D.P.E. KABUYE

67. J. Baptiste	GASOMA	Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique B.P. 624 KIGALI
68. François	GASENGAYIRE	Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique B.P. 624 KIGALI
69. Joseph	KALIMUNDA	B.P. 403 KIGALI
70. Pancrace	TWAGIRAMUTARA	U.N.R. B.P. 117 BUTARE
71. Joseph	MUNGARULIRE	CURPHAMETRA - U.N.R. B.P. 117 BUTARE
72. Silas	MURERAMANZI	U.N.R. B.P. 117 BUTARE
73. Cyprien	BISHANGARA	U.N.R. B.P. 117 BUTARE
74. DEREK	LOVEJOY	DTCD New-York
75. Jean Pierre	RUHIRA	MIRENA B.P. 413 KIGALI
76. Théoneste	RUGWIZANGOGA	ORINFOR B.P. 83 KIGALI
77. René	SIBOMANA	A.S.R. B.P. 775 KIGALI
78. Jean Enoch	HABIYAMBERE	Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique B.P. 624 KIGALI
79. MAIGA	MOUSSA	U.N.R. B.P. 117 BUTARE
80. Palatin	KABALISA	Ministère de la Justice B.P. 160 KIGALI
81. Charles	BUNANE	O.R.K. B.P. 279 KIGALI
82. André	MUHIRE	OPROVIA B.P. 953 KIGALI
83. Assinapol	RUKAKA	Office du Thé B.P. 1344 KIGALI
84. Michel	TAYMANS	A.I.D.R. - BUTARE B.P. 95 KIGALI
85. William	MWIZERWA	ORINFOR B.P. 104 KIGALI

86. Zacharie	KAYUMBA	B.P. 1264 KIGALI
87. Ezechias	SIBOMANA	Usine d'Allumettes B.P. 689 BUTARE
88. Aaron	MAKUBA	B.G.M. - GISAKA B.P. 1263 KIGALI
89. André	DESCHUTTER	Ambassade de BELGIQUE B.P. 81 KIGALI
90. J.M. Vianney	UWIMANA	M R N D B.P. 1055 KIGALI
91. Anastase	REKERAHO	M R N D B.P. 1055 KIGALI
92. Paul	DENIS	Ambassade du CANADA B.P. 1177 KIGALI
93. Steven	KITUTU	P.O. Box 764 ARUSHA - TANZANIA
94. Laurien	NGIRABANZI	G.B.K. B.P. 321 KIGALI
95. Stéphanie	NYIRASAFARI	ORINFOR B.P. 83 KIGALI
96. Goretti	UWIBAMBE	ORINFOR B.P. 83 KIGALI
97. André	MUHIRE	OPROVIA B.P. 953 KIGALI
98. Adrien	NAHAYO	Directeur Général au Ministère des Travaux Publics BUJUMBURA - BURUNDI
99. Dismas	GASHEGU	U.N.R. B.P. 117 BUTARE
100. Déogratias	KAMBANDA	U.N.R. B.P. 117 BUTARE
101. N'Jo	DIARRA	Laboratoire Energie Solaire BAMAKO - MALI
102. Isâfe	MUTUNGI REHE	P.P.F. B.P. 1 KIBUYE
103. Laurent	BYAMUKAMA	Collège St André - Kigali

Des observateurs ont occasionnellement participé à certaines Séances.

Chapitre II : DEROULEMENT DU SEMINAIRE

II.1 Suite chronologique des activités

LUNDI LE 10 JANVIER 1983

- Séance d'Ouverture

- 9 H 00' - Discours du Vice-Recteur du Campus de Butare
Représentant le Recteur de l'Université Nationale
du Rwanda.
- 9 H 15' - Discours du Représentant d'E.T.M.A.
- 9 H 20' - Discours du Représentant de VITA
- 9 H 25' - Discours du Représentant du Gouvernement Américain/
U.S.A.I.D.
- 9 H 30' - Discours d'Ouverture prononcé par le Secrétaire
Général Représentant le Ministre de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique en mission.
- 10 H 00' - Pause
- 10 H 30'

- Première Session : L'Etat de l'Energie et de l'Environnement au Rwanda.

Président : Monsieur KARANGWA Casimir, Directeur Général
au Ministère des Ressources Naturelles

Rapporteur: Monsieur TWAGIRUMUKIZA Joseph, Chef de Division
de la Promotion Familiale au Ministère des
Affaires Sociales et du Développement Communau-
taire.

1. Politique énergétique du Rwanda

Monsieur IYAMUREMYE Daniel
Ministère des Ressources Naturelles

2. Etat des Tendances de l'Environnement en Afrique

Monsieur Fred WEBBER, E.T.M.A., U.S.A.

3. Etat de l'Environnement au Rwanda

Le Docteur KAYIHURA Vincent
Secrétaire Général au Ministère des Affaires
Sociales et du Développement Communautaire.

4. L'Energie dans le plan d'action de l'O.B.K.

Monsieur SIBORUREMA Jöram, O.B.K.

5. Les principaux problèmes affectant l'environnement et les impacts mésologiques liés à la mise en valeur des ressources en eau dans le bassin de la rivière AKAGERA

Monsieur BUNANE Charles

6. L'E.G.L. et ses activités dans le domaine des énergies nouvelles et renouvelables

Messieurs MUPENDA Frédéric et KIZOZO Bin FAMBA

14 H 20'

- Deuxième Session : Pressions sur l'Environnement

Présidents : Monsieur BIROLI Phénéas, Directeur des Eaux et Forêts au Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage et Monsieur MPAWENAYO Prosper

Rapporteur: Monsieur RUHIRA Jean Pierre, Secrétaire d'Administration au Ministère des Ressources Naturelles

1. Le déboisement et l'érosion des sols au Rwanda

Monsieur BYEMERO Venant

Directeur de la Conservation des sols au Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage

2. Programme de reboisement au Rwanda

Monsieur BIROLI Phénéas

Directeur des Eaux et Forêts au Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage

3. La pression démographique et impact sur les ressources

Monsieur SIBOMANA J.M. Vianney
Office National de la Population

17 H 20' Visite de l'exposition pour les participants

18 H 00' Réception offerte aux participants par le Vice-Recteur du Campus de Butare

20 H 00' Clôture des activités de la journée.

MARDI 11 JANVIER 1983

8 H 15'

- Troisième Session : Usage actuel de l'Energie

Président : Monsieur NTAKIRUTINKA Charles, Secrétaire Général de l'Université Nationale du Rwanda, Chercheur au C.E.A.E.R.

Rapporteur: Monsieur SIMBIYOREWE Gaspard, Chercheur au C.E.A.E.R

1. Utilisation de l'énergie en milieu rural et urbain au Rwanda
Monsieur KARENZI P. Claver
Professeur à la Faculté des Sciences
de l'Université Nationale du Rwanda
2. Production et consommation du charbon : Une pression urbaine
Monsieur BAHIGIKI Emmanuel, Professeur
à la Faculté des Sciences Economiques, Sociales
et de Gestion de l'Université Nationale
du Rwanda.
3. Situation énergétique du Rwanda et perspectives
Monsieur BALINDA J. Bosco
Bureau National d'Etude des Projets
4. Utilisation du bois au Rwanda
Monsieur Staebler
Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage
5. Un boisement bien suivi constitue une source d'énergie
renouvelable
Monsieur MUTUNGIREHE Isaïe
Chef du Projet Pilote Forestier

14 H 10'

- Quatrième Session : Energies Renouvelables, Promesses et
Problèmes - Première Partie -

Président : Monsieur KARENZI P. Claver, Professeur à la
Faculté des Sciences de l'Université Nationale
du Rwanda

Rapporteur: Monsieur SWANAKEYE Jean-Baptiste et SIMBIYOBWE
Gaspard, Chercheurs au C.E.A.E.R.

1. Inventaire des technologies des Energies Renouvelables et les
limites de leurs applications au Rwanda
Monsieur MPAWENAYO Prosper
Chercheur au C.E.A.E.R.
2. Quelques résultats de recherches sur les cuisinières
améliorées mises au point par le C.E.A.E.R.
Monsieur NZABONIMANA Camille
Chercheur au C.E.A.E.R.
3. Expériences de cuisinières améliorées dans d'autres pays
Mademoiselle Ruth DEER
Consultante au C.E.A.E.R.
4. Innovations en ERTA et changement en développement communautaire
Par Dr TWAGIRUMUTARA Pancrace
Doyen de la Faculté des SESG, U.N.R.

5. Les Programmes du Centre d'Etudes et de Recherche sur les Energies Renouvelables.

Monsieur Abdoulaye M'BOW
CERER, Dakar, SENEGAL

6. L'Exploitation des Energies Renouvelables :
L'Expérience Nigérienne

Monsieur Albert WRIGHT, Directeur-Adjoint
de l'ONERSOL, Niamey, NIGER

MERCREDI 12 JUILLET

8 H 00' Energies Renouvelables : Promesses et Problèmes -
Deuxième Partie -

Président : Monsieur GASENGAYIRE François
Directeur Général de la R.S.T.
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

Rapporteur : NZABONIMANA Camille, Chercheur au C.E.A.E.R.

1. Les fuels d'origine végétale

Monsieur Samuel HITIMANA
Chercheur au CRAFOP, Université Nationale
du Rwanda

2. Possibilités de culture et d'utilisation des macrophytes
aquatiques comme source d'énergie.

Monsieur Cyprien BISHANGARA
Professeur à la Faculté des Sciences
Université Nationale du Rwanda

3. Essai de rentabilisation de la carbonisation du bois au Rwanda

Mademoiselle Annonciata MUKAMURENZI

4. Expérience sur l'exploitation de la tourbe au Rwanda

Monsieur Emile KAREGA
Ministère des Ressources Naturelles

5. Application de la conversion thermique de l'Energie solaire

Monsieur Charles NTAKIRUTINKA
Secrétaire Général de l'Université Nationale
du Rwanda, et Chercheur au C.E.A.E.R.

10 H 20' : Pause

7. Applications de la conversion photovoltaïque de l'énergie solaire

Monsieur J. Baptiste BWANAKEYE,
Chercheur au C.E.A.E.R.

8. Projet de micro-centrales au Rwanda

Monsieur Gaspard SIMBIYOBEWE
Chercheur au C.E.A.E.R.

9. Etat actuel des connaissances sur la Géothermie au Rwanda

Monsieur KARANGWA Casimir
Directeur Général au Ministère des Ressources Naturelles

10. Les systèmes photosynthétiques artificiels

Monsieur Silas MURERAMANZI
Professeur à la Faculté des Sciences,
Université Nationale du Rwanda

14 H 20'

- Cinquième Session : Energie et Environnement

Président : Docteur KAYIHURA Vincent, Secrétaire Général
au Ministère des Affaires Sociales et du
Développement Communautaire

Rapporteur : Mademoiselle MUKAMURENZI Annonciata
C.E.A.E.R.

1. Pollution des Energies conventionnelles

Monsieur Robert CHOME
A.I.D.R., Bruxelles

2. Possibilités d'utilisation des Résidus de la digestion méthanique dans la fertilisation des sols au Rwanda

Monsieur Valens NDOREYAHU
Professeur à la Faculté d'Agronomie,
Université Nationale du Rwanda

3. Protection et conservation de la nature - Energie et Environnement

Monsieur ZIGIRABABILI Joseph
Directeur des Recherches Géologiques
au Ministère des Ressources Naturelles

4. L'éducation environnementale

Monsieur TWAGIRUMUKIZA Joseph
Chef de Division : Promotion Familiale au
Ministère des Affaires Sociales et du
Développement Communautaire

5. La législation sur l'environnement au Rwanda

Madame Landrada MUKAYIRANGA
Directeur : Famille et Environnement
Ministère des Affaires Sociales et du
Développement Communautaire

6. Perspectives du biogaz au Rwanda

Monsieur MUNYANGAJU Gabriel
A.I.D.R. - BUTARE

7. Renewable Energy and CAMERTEC Experience,

STEVEN KITUTU
Arusha-Tanzania

18 H 00' : Projections de diapositives sur le bio-méthane

JEUDI 13 JANVIER 1983

Visite d'installations dans le domaine des Energies Renouvelables
dans la région de BUTARE.

Les participants se sont faits inscrire la veille
de la journée de la visite le 12 Janvier à un des quatre groupes
préparés pour la visite.

Le 1er groupe était dirigé par Monsieur SIMBIYOBWE Gaspard,
le second par Monsieur BWANAKEYE J. Baptiste, le troisième par
Monsieur NZABONIMANA Camille et le quatrième par Mademoiselle Ruth
DEER.

Les participants devaient visiter des chauffe-eau solaires, des
digesteurs à méthane biologique (biogaz), des cuisinières améliorées,
des fours à cokéfaction améliorés du bois, des distillateurs solaires
installés pour la plupart par le CEAER dans la prefecture de BUTARE.

GRUPE I

Le groupe a quitté comme les trois autres le lieu de
rassemblement (Palais du M.R.N.D.) dans la matinée du 13/01/83
à 7h30'. Nous sommes arrivés à Rusatira vers 10h15'. Le groupe
a visité les installations suivantes :

- 1° Distillateur solaire installé au dispensaire de Rusatira
- 2° Le digesteur de Gihindamuyaga, Faculté d'Agronomie
- 3° Le digesteur de Karubanda (Prison Karubanda)
- 4° Le Chauffe-eau solaire installé chez l'Administrateur-Trésorier
de l'U.N.R.
- 5° Une cuisinière améliorée installée chez SEMINEGA Tharcisse
de l'U.N.R.
- 6° Digesteur KONFIGI construit par l'A.I.D.R.

Les commentaires et observations faits sur les prototypes sont :

1. Distillateur solaire du dispensaire de Rusatira
La première question posée par la majeure partie du groupe

était de savoir la quantité d'eau distillée produite et s'elle était suffisante pour tous les besoins du dispensaire.

D'autres personnes s'intéressaient aux questions techniques et économiques telles que :

- l'Orientation;
- le dispositif utilisé pour la collecte de l'eau distillée (Ce dispositif laissait passer de la poussière.).
- le temps nécessaire pour s'amortir
- le coût total de toute l'unité.

L'orientation est face à l'Est, le coût est de 23.000 FRW tandis que la période d'amortissement est d'une année.

2. Le digesteur de Gihindamuyaga :

Le groupe a donné comme remarque la non utilisation des éléments fertilisants. Le groupe s'intéressait également à savoir : la quantité et la qualité de gaz produit, le pouvoir calorifique du gaz (PCI) ainsi que le coût de l'installation et le temps d'amortissement.

3. Le digesteur CONFIGI construit par l'AIDR :

On a fait un petit commentaire quant à la durabilité du matériel utilisé, car le matériel commençait à se détériorer avant que le gaz produit soit utilisé.

4. Le digesteur de Karubanda :

Comme le changement de ce digesteur n'était pas encore emmenée le dialogue s'est limité uniquement à sa dimension et son coût. de construction; 50 m³ et environ 500.000 Frw.

5. Le chauffe-eau solaire chez l'administrateur-Trésorier :

La question posée était de savoir si le coût du chauffe-eau solaire était abordable. Il était 180.000 FRW à l'époque de son installation en 1978.

6. Chez SEMINEGA Tharcisse la cuisinière n'était pas utilisée, sous prétexte qu'elle ne marchait pas.

La remarque n'avait jamais été faite au CEAER alors que l'installation de la cuisinière date du mois d'Août 1982.

GRUPE II

Le groupe a quitté Kigali le 13 Janvier à 7h30' et est arrivé à Rusatira vers 9h30' où il a visité le Distillateur installé par le CEAER dans le centre de Santé de Rusatira. Il s'est ensuite rendu à Karubanda où il a visité le digesteur non encore totalement achevé et qui servira à traiter les déchets humains à la prison de Karubanda.

Le voyage a continué pour arriver à Rukira Commune Huye où il y a un autre digesteur familial (5m³) pour enfin terminer avec les cuisinières améliorées dans 3 familles dans la Commune de Huye, et le Chauffe-eau solaire installé chez Monsieur le Vice-Recteur du Campus de Butare.

Mais comme le groupe était en avance sur le programme préétabli il a visité le Chauffe-eau solaire à l'Hôtel IBIS.
La visite était terminée à 12h pour être à l'heure du dîner.
La rapidité de la visite a été due à la dimension réduite : 14 personnes.

GRUPE 3

La dimension du goupe était de 14 personnes.

Installations visitées

1. Distillateur solaire au Dispensaire de Rusatira

Après la description et le principe de fonctionnement, des questions suivantes ont été posées.

Qst : Quel est l'utilisation de l'eau ainsi distillée ?

Rép.: Après traitement biologique, elle est utilisée pour des injections, le lavage des plaies ...

Qst : Production journalière du distillateur ?

Rép.: 1 à 2 litres par jour.

Qst : Pourquoi la couverture vitrée n'a-t-elle pas une double pente pour recueillir un rayonnement solaire maximal dans l'avant midi et dans l'après-midi ?

Rép.: Un calcul théorique et des résultats expérimentaux sur l'optimisation de la forme du vitrage des capteurs plans ont été faits. La position horizontale (angle de zéro degré) de la vitre est optimale. Cependant une inclinaison (jusqu'à 20°) de la vitre est nécessaire pour faciliter l'écoulement des eaux de pluie ou faciliter le nettoyage.

Position de Monsieur WRIGHT : faudrait revoir la quantité d'eau distillée au cas où le vitrage à une double pente

2. Digesteur familiale (type indien: Gazomètre flottant)

Chez KAGAYIGAYI en Commune Shyanda

Des questions suivantes ont été posées après la présentation et la description du digesteur

Qst : Quelle est la fréquence de chargement et le type de matière à charger?

Rép.: Le chargement est continu et la matière chargée est la bouse de vache mélangée à de l'eau à proportion égale. Cependant les déchets humain peuvent être aussi utilisés.

Qst : Quel est la quantité de matière chargée ?

Rép.: Le chargement se fait jusqu'au 3/4 de la hauteur (1,3 m) du digesteur (sans compter le volume de la cloche quand elle est levée).

Qst : La matière digérée donne-t-elle réellement un bon fumier ?

Rép. : Les expériences des autres pays le confirment.

Quant au CEAER, des travaux similaires sont en cours à Gihindamuyaga dans le cadre d'un mémoire d'un étudiant de la Faculté d'Agronomie. Nous espérons que ces résultats nous éclairciront sur la qualité du fumier des matières digérées qui sortent de nos digesteurs.

Qst : La production du gaz est-elle suffisante pour les besoins culinaires de la famille ?

Rép. (utilisatrice) : Le gaz suffit pour bien d'usages.

Pour la préparation de haricot ou le chauffage de grande quantité d'eau nous utilisons le bois.

Observation : Des gouttes d'eau qui se trouvent dans le tuyau d'alimentation du gaz au brûleur nuisent à la qualité du feu. L'A.I.D.R. a su pallier à cet inconvénient; il faudrait que le CEAER exploite cette technique.

3. Digesteur pour communauté (type indien)

à la Prison de Karubanda

Ce digesteur est pourvu d'un gazomètre fixe devant être sous une pression de 1 atm et a une capacité de 50 m³. Contrairement au digesteur visité, celui de Karubanda utilise les déchets humains comme matière première.

Observation : Si ce digesteur s'avérait fonctionnel, ça serait une grande révolution dans l'histoire énergétique du Rwanda.

4. Chauffe-eau Solaire

à la pédiatrie de l'Hôpital Universitaire

Qst : Est-ce que les privés sont intéressés par les chauffe-eaux du CEAER

Rép. : L'intérêt de nos chauffe-eaux est certain puisqu'ils sont d'abord performants. Il est vrai que ce qui défavorise les privés c'est le coût d'investissement au départ qui semble fort élevé. Cependant nos chauffe-eaux parviennent à s'amortir. (comparé aux chauffe-eaux électriques).

A part certains propriétaires des hôtels, il y a même des privés qui ont adressés des commandes de chauffe-eau au CEAER pour leur villas.

Au programme étaient prévues encore la visite des cuisinières améliorées et le four à carbonisation du bois. Selon nos possibilités ces visites étaient reportées dans l'après-midi. Cependant le programme de l'après-midi nous a contraint d'omettre le reste des visites.

La longueur de la durée de la visite est attribuable à l'abondance de questions.

GRUPE 4

- Le groupe était composé d'environ 20 à 25 personnes. Les lieux visités étaient :

1. Distillateur d'eau à Rusatira

Vu par tous les groupes :

Construit en Septembre ou Octobre 1981 par le CEAER, c'est un distillateur d'eau pour le Centre de Santé près du bureau communal. Boîte en bois, peint en noir à l'intérieur, la surface qui capte est de 1 m^2 , faite en verre, incliné légèrement (10 à 15° de pente) vers l'Est. Le distillateur produit de $1,5$ à 2 l d'eau distillée par jour. Le Centre se dit très satisfait.

Il a été remarqué que la vitre était en peu poussiéreuse, et aussi qu'il n'y avait pas de bouchon ou autre système très hermétique (donc hygiénique) là où le tuyau déversait dans la bouteille. Le système a coûté environ 23.000 Frw lors de la construction.

2. Digesteur biogaz chez MUNYANGAJU

Le digesteur de 10 m^3 est construit surtout en béton et ciment, avec un dôme en plastique souple. Le tuyau de sortie mène à un sac de stockage de 3 m^3 fait en polythène noir, posé par terre sous un abri. Le biogaz a été connecté à une cuisinière commerciale à gaz, et on fait la cuisine sur des brûleurs de la cuisinière. Le système suffit pour tous les besoins de la cuisine pour la famille (de 3 à 4 personnes).

Cette installation a été construite par l'A.I.D.R.

3. Chauffe-eau au dispensaire à la paroisse de Save

Le chauffe-eau a été installé vers Mars à Avril 1982, et comporte un réservoir de 200 litres monté entre 4 capteurs (deux de chaque côté). Les capteurs sont presque à l'horizontal et sont orientés de façon à ce que le réservoir ne jette pas d'ombre sur eux.

L'eau chaude alimente la salle d'accouchement seulement, et avec une utilisation irrégulière, il arrive que des fois l'eau chaude est épuisée au courant de la journée et que d'autres fois elle est trop chaude et on doit y mélanger de l'eau froide.

4. Cuisinière à bois chez NZABAMWITA Jacques

Cuisinière en argile et sable, à deux trous, avec une cheminée, elle a été construite en Novembre 1982. La famille a dit qu'elle fonctionne bien et prend moins de bois que le système. Mais ils trouvaient très incommode de devoir se baisser pour voir le feu et nous ont dit que si on ne pouvait pas soulever la cuisinière (impossible avec une grande masse en argile et sable), ils allaient l'abandonner.

5. Cuisinière à bois chez NTIGASHIRA François

Du même modèle que l'autre cuisinière, et construite à la même époque, la cuisinière se présentait bien avec la cheminée peinte en blanc (kaolin) comme la pièce. Madame a dit que la cuisinière

marchait bien et épargnait du bois. Mais en regardant plus loin, on a trouvé un feu sur trois pierres (amashyiga) où elle faisait sa cuisine à ce moment-même (la cuisinière était froide). Quand on lui a demandé pourquoi elle utilisait les amashyiga, elle a expliqué qu'elle n'avait que peu d'aliments à cuire et que le petit pot n'allait pas dans la cuisinière. Pourquoi ne pas mettre ces aliments dans un pot en peu plus grand pour pouvoir utiliser la cuisinière ? Pas de réponse à part "l'habitude" ou "la tradition". Il est à noter que la famille trouve le bois dans un bois communal à 500 m de chez eux. Donc ils ne ressentent pas de pénurie de bois.

Entre 12h25' et 14h30', un buffet froid fut offert aux 80 participants à la maison d'accueil du Campus Universitaire de Butare.

A partir de 15h30' un débat au cours duquel une trentaine de participants ont posé des questions à l'équipe du CEAER sur les installations visitées eût lieu dans l'auditorium du Campus de Butare.

A 17h15', le premier bus a démarré pour le retour vers KIGALI.

VENDREDI 14 JANVIER 1983

Journée des travaux en groupe

Les participants se sont fait inscrire à des groupes de travail par thème de réflexion.

1^{er} Thème - Gestion et législation de l'environnement

2^{ème} Thème - Plan d'action pour l'utilisation massive des énergies renouvelables

3^{ème} Thème - La place des énergies renouvelables dans la politique énergétique

4^{ème} Thème - Exploitation des énergies renouvelables et protection de l'environnement

Le premier groupe a travaillé dans la salle du 4^{ème} étage du Building des Ministères de l'Enseignement.

Le second groupe est resté dans le local du Séminaire au M.R.N.D.

Le troisième groupe a assis ses discussions dans la salle de conférence du palais du M.R.N.D.

Le quatrième groupe a travaillé l'avant-midi dans la cafétéria du M.R.N.D., et après-midi devant le local du Séminaire.

SAMEDI 15 JANVIER 1983

- 7h00' : Rendez-vous à Kacyiru le long de la route en face de l'Hôtel UMUBANO pour creuser des trous dans lesquels des avocats seront plantés à la prochaine saison.
- 9h20' : Plantation d'arbres symboliques par tous les délégués des pays étrangers dans les jardins du Palais de la Jeunesse.
- 10h15' : Visite des travaux du Séminaire par Son Excellence Le Président de la République, Président Fondateur du Mouvement Révolutionnaire National pour le Développement.
- 11h20' : Lecture des rapports des travaux en groupe par les 4 rapporteurs.
Chairman : Monsieur Dismas GASHEGU
- 12h40' : Pause
- 13h00' : Réunion des Présidents des Travaux en groupes et des Rapporteurs pour la synthèse devant être présentée à la Séance de Clôture.
Cette réunion s'est terminée par la rédaction des recommandations.
- Monsieur HIGANIRO Alphonse, Secrétaire Général du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique venu présider à la Séance plénière remplacée par la réunion de synthèse a, en compagnie de Monsieur KAMBANDA Déogratias, Secrétaire Général-Adjoint du Campus Universitaire de Butare présidé à la Séance de la formulation des recommandations.
- 15h00' : Arrivée des Invités à la Séance de Clôture.
- 15h30' : Début de la séance de Clôture.

- Discours de Monsieur KAYIHURA Vincent, Secrétaire Général au Ministère des Affaires Sociales et du Développement Communautaire au nom des participants
- Motion de remerciements et d'encouragement à l'action des Etats Africains Frères, au Gouvernement et au peuple rwandais. Par Albert WRIGHT délégué du Niger.
- Discours de Monsieur NTEZILYAYO Anastase Secrétaire Général au Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage Représentant Monsieur le Ministre de l'Agriculture et de l'Elevage.
- Discours de Monsieur IYAMUREMYE Daniel, Ministre des Ressources Naturelles
- Discours de Monsieur GATABAZI Félicien, Ministre des Affaires Sociales et du Développement Communautaire
- Discours de Monsieur NTAGERURA André, Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Cette séance a été rehaussée par la présence de Son Excellence Monsieur le Secrétaire Général du M.R.N.D., l'Ambassadeur de Belgique au Rwanda et de hauts fonctionnaires.

11.2 Exposition

L'exposition a été l'occasion au CEAER de montrer au public les prototypes utilisant les énergies renouvelables conçus par lui ou importés.

L'AIDR a en outre exposé les cuisinières solaires et une moquette de digesteur à méthane biologique.

DISTILLATEUR SOLAIRE

Principe:

L'eau distillée est obtenue par un cycle évaporation - condensation. Celui-ci s'effectue entre un bac d'eau et un toit en verre qui le couvre.

Lorsque le rayonnement solaire traverse la couverture transparente (la vitre), elle chauffe l'eau chargée de matière en solution ou en suspension, contenue dans le bac. L'élévation de la température, entraîne celle de la pression de vapeur à l'intérieur du distillateur. La vapeur d'eau en contact avec la vitre se condense. L'eau condensée ainsi formée s'écoule dans une gouttière et de là dans un réservoir d'eau douce.

Utilisation:

L'eau distillée peut être utilisée dans des dispensaires, Centre de Santé, garage.

Capacité de production: 1 à 2 l/j.m²

Coût : 23.000 Frw/m²

SECHOIR SOLAIRE A POISSON

Principe :

L'élévation progressive de la température de l'air dans le dessiccateur (tente) est obtenue grâce à l'effet de serre produit par le polyéthylène clair qui est transparent au rayonnement solaire, opaque au rayonnement thermique infrarouge et le polyéthylène noir qui absorbe une bonne partie de l'énergie incidente pour émettre un rayonnement thermique infrarouge qui est ainsi piégé. La circulation de l'air se fait par thermosiphon (circulation naturelle) grâce à une entrée à la partie inférieure et une autre à la partie supérieure. Les produits à sécher sont placés à l'intérieur de la tente sur des claies. L'air chaud au contact des produits leur cède de la chaleur, sa température diminue et se charge d'humidité qui est évacuée à l'extérieur du séchoir. Le poisson à séchage capte également une partie du rayonnement solaire incident

coût : 12.000 Frw

Quantité du séchage : 20 à 30 kg de poisson frais.

CHAUFFE-EAU SOLAIRE

Principe :

Le chauffe-eau solaire est constitué de deux circuits.

- le circuit primaire:

Le fluide caloporteur (eau) arrive par l'entrée du capteur (le bas) au contact de l'absorbeur (plaque peinte en noir sans un vitrage) elle s'échauffe, et par le phénomène de thermosiphon, se déplace vers le haut du capteur, en se chargeant de plus en plus de calories. Arrivée à la sortie du capteur, l'eau chaude est dirigée (par circulation naturelle) vers un échangeur : c'est un réservoir où les canalisations d'eau chaude entrent en contact avec un liquide froid et perdent par "échange" une partie de leur chaleur. Refroidie, l'eau du circuit primaire arrive à nouveau dans l'orifice bas du capteur (entrée) et recommence le cycle. température dans le circuit primaire: 50° à 70°C

- le circuit secondaire:

L'eau froide du réseau est injectée dans le bas de la citerne : au contact de l'échangeur (du circuit primaire), l'eau se réchauffe et monte (thermosiphon). L'eau la plus chaude est stockée naturellement dans le haut du réservoir où elle est puisée à la demande.

Un chauffage d'appoint peut se joindre à l'installation (une résistance chauffante peut être immergée dans la citerne)

Le prototype en exposition n'a pas d'échangeur incorporé.

Coût : 400.000 Frw par unité dans des hôpitaux - Capacité 600 litres
200.000 Frw par unité résidentielle - capacité 120 litres
sans échangeur

CUISINIÈRE SOLAIRE

Principe : Les rayons solaires incidents sur des surfaces réfléchissantes sont concentrés et traversent un double vitrage pour être capté dans une enceinte peinte en noir et thermiquement isolée du milieu extérieur.

La température atteinte dans l'enceinte dépasse 100°C. Les aliments à préparer sont mis dans une marmite et déposée dans ladite enceinte.

Un ajustement régulier est nécessaire pour suivre le parcours du soleil et capter le rayonnement direct au maximum. Le prototype en exposition devra être amélioré pour être vulgarisable.

coût : 6.000 Frw

Capacité : Riz, thé pour 2 ou 3 personnes.

SYSTEME PHOTOVOLTAÏQUE

Principe : Une jonction de deux semi-conducteurs d'atomes ou de molécules respectivement de type p et de type n permet l'édification d'une cellule photovoltaïque.

L'absorption du rayonnement solaire par la cellule ainsi constituée, permet la création d'une tension de voltage par un déplacement

d'électrons-trous causé par force électromotrice créée par et au niveau de la jonction.
La conception en série de plusieurs cellules photovoltaïques constitue un panneau pouvant fournir une tension continue de quelques dizaines de volts.

Rendement de transformation: $< 10\%$

Coût : - 10\$/Watt. Crête
- 30\$/watt. Crête installé.

FOUR A CHARBON

Principe: Le bois contenu dans une enceinte métallique fermée (milieu pauvre en oxygène) se décompose sous l'effet de la chaleur produite par le feu allumé et entretenue sous ladite enceinte.

Dimensions : 85 x 120 x 80 cm³

Quantité de bois chargée: 400 à 500 kg

Quantité de bois brûlée: 100 à 150 kg (pendant 7 heures environ)

Quantité de charbon produit: 150 kg. de pouvoir calorifique
10% supérieur à celui de charbon ordinairement produit pour 500 kg de bois.

La méthode traditionnelle produit : 35 kg

Augmentation de rendement 400%

Coût de l'installation : 100.000 Frw

CUISINIÈRE AMÉLIORÉE A BOIS

Principe : Comparée au feu ouvert sur les trois pierres (amashyiga), une cuisinière améliorée économise le bois grâce à la diminution des pertes de chaleur. Le feu est protégé aux effets du vent, les marmites sont bien ajustées aux trous de la cuisinière de façon à réduire les pertes radiatives et convectives des parois de ces marmites.

Une forme intérieure du foyer soigneusement étudiée (tertres, spirales etc ...) permet de créer une circulation de fumées chaudes et permet de transférer efficacement la chaleur aux marmites.

Une cheminée peut être ajoutée pour évacuer les fumées, ce qui permet d'optimiser le tirage et offre un bon confort de travail.

Matériaux de construction : Argile et Sable.

Coût : 3.000 FRW, si les constructeurs sont payés 400 Frw/jour personne

Coût : 1.000 FRW, si les constructeurs sont payés 120 FRW/jour personne .

DIGESTEUR A METHANE BIOLOGIQUE

Principe : Une production de méthane biologique est réalisée dans un digesteur par la fermentation anaérobie des matières organiques telle la bouse de vache.
deux types de digesteur

Le type indien : le fermenteur (cuve de digestion) et le gazomètre (cloche mobile) sont couplés, le mélange lui-même faisant joint hydraulique. Le chargement en matières est quotidien.

Le type chinois: Celui-ci se signale pour l'absence totale de pièce mobile; le fermenteur peut-être totalement enterré. La compression du gaz est assurée par le poids du mélange contenu dans la fosse d'évacuation.

Coût : Digesteur familial 5 à 1 m³
60 à 80.000 Frw

Chapitre III: RAPPORTS DES TRAVAUX EN GROUPE ET RECOMMANDATIONS

III.1 Rapport des travaux en groupe sur le thème "Législation sur l'Environnement"

Le groupe chargé de discuter le thème "Législation sur l'Environnement" était composé respectivement de :

- Mme MUKAYIRANGA Landrade - Présidente : Directrice au MINASODECO
M. MAGAMBO François - Rapporteur : MINEPRISEC
Mme MUJAWANARIYA Goretti : Fonctionnaire au MINASODECO
M. BIZIMANA Jean : Fonctionnaire à l'ORTPN (conservation de la faune et flore)
M. NGARAMBE Joseph : Cadre à l'ONATRACOM (Service Administratif et Financier)
M. KABALISA Palatin : Chef de Division (Documentation et Recherche) au MINIJUST
M. STAEBLER Jacques-Daniel : Conseiller à la Direction des eaux et forêts
M. FORD Richard : Environmental Training and Management in Africa Clark University, USA

Les débats ont commencé à 9h00' par une brève information de la présidente sur le sujet à traiter. Ensuite, les discussions se sont déroulées dans un climat démocratique car, à tour de rôle, chacun des participants a exprimé librement son opinion sur ce problème.

Mais, comme nous le savons tous, le problème de l'environnement est multidisciplinaire et concerne plusieurs services et domaines d'activités. Il n'était donc pas du ressort de notre groupe restreint de composer sur le champ le contenu de la législation sur l'environnement.

Néanmoins, l'échange d'idées nous a permis de saisir l'opinion de chacun, ce qui nous a facilité à formuler et à suggérer quelques recommandations. A titre d'exemple, au cours des débats, on a pris connaissance avec plaisir de l'existence au Ministère de l'Agriculture des documents portant sur la législation forestière et la conservation du sol, d'un code forestier qui est en projet d'élaboration, ainsi que d'un code foncier et agraire également en projet depuis 1978.

Mais, comme ces codes et lois existantes concernent certains domaines de l'environnement et qu'il en est de même dans les autres services (MIRENA, ORTPN, MINASODECO, MINISANTE, etc...), le groupe a appuyé fermement l'idée lancée par le MINAGRI de

la confection progressive d'un code de l'environnement qui embrasserait tous les domaines.

Après avoir rappelé :

Que l'environnement est l'ensemble des systèmes naturels et sociaux dans lesquels l'homme et les autres organismes vivent et d'où ils tirent leur subsistance, que ces systèmes visent d'une part l'atmosphère, l'hydrosphère, la lithosphère et la biosphère, et d'autre part les infrastructures matérielles construites par l'homme, les rapports de production et les systèmes institutionnels qu'il a élaborés;

Que les problèmes de perturbation (exploitation irrationnelle des ressources, pollution, dégradation, etc.) se posent dans l'univers de l'environnement et que cette situation finit par porter préjudice au bien-être de l'homme;

Ayant estimé :

Que les recommandations du 1er Séminaire National sur l'Education et la Formation en matière d'Environnement tenu à Kigali du 29 Août au 4 Septembre 1982 devraient être exploitées en même temps que celles de ce Séminaire ;

Que, pour notre pays, l'objectif fondamental à atteindre lors de l'élaboration d'une stratégie relative à la protection de l'environnement est d'assurer un développement intégral et harmonieux à la population par la vulgarisation de la science et de la technologie;

Et ayant constaté un manque généralisé de coordination entre les différents services qui ont les problèmes de l'environnement dans leurs attributions,

Le groupe recommande :

1. L'adoption et l'application par les autorités compétentes d'une politique et d'une législation plus conséquentes en matière d'environnement et d'énergie.
2. Une mise sur pied d'un service (attaché à la Présidence) qui serait chargé de la coordination des problèmes relatifs à l'environnement de tous les services et domaines d'activités du pays et qui fournirait, au besoin, des explications ou documentations y relatives.
3. Afin de lui faciliter la tâche, chaque service (public, parastatal ou privé en ce qui le concerne doit faire l'inventaire des lois et règlements existants sur la législation de l'environnement et le transmettre à ce service créé pour la finalisation.

Quant à la vulgarisation et le contrôle de l'application de la législation sur l'environnement, il faudra :

4. Etendre les compétences de la commission préfectorale sur les autres secteurs de l'environnement (c-à-d en complétant l'application de l'article 6 de la loi n° 11/82 du 30 mars 1982 relative à la conservation et à l'utilisation du sol)

5. Profiter des structures politiques du M.R.N.D. et des C.C.D.F.P. (Centres Communaux de Développement et de Formation Permanente) étendus sur tout le territoire.
6. S'inspirer de l'expérience des autres pays dans ce domaine
7. Favoriser les échanges d'idées et promouvoir la coopération avec les organismes régionaux et internationaux en matière d'environnement
8. Pour le suivi du Séminaire, on recommande que les organisateurs rediscutent tous les grands points débattus avec les membres de la commission préfectorale ce qui permettra de se rendre compte des réalités du problème au niveau de chaque préfecture des possibilités de l'applicabilité des résolutions prises en plénière.
9. Eu égard à l'importance que revêtent les thèmes abordés et débattus au cours du séminaire, le groupe recommande que le rapport du Séminaire soit adressé au Président de la République avec copies aux autres services concernés (tant publics que privés) ainsi qu'aux Présidents des comités préfectoraux.

Et enfin, le groupe émet le vœu de voir les rencontres de ce genre se multiplier et recommande également la tenue dans les meilleurs délais d'un 2ème Séminaire pour évaluer l'impact des résolutions du 1er Séminaire.

Il n'oublie pas de remercier ceux qui, de près ou de loin, ont facilité, contribué ou collaboré à la tenue de ce Séminaire

La réunion a pris fin à 11 h 00'.

III. 2 Rapport des travaux en groupe sur le thème "Plan d'action pour l'utilisation massive des Energies Renouvelables".

Les travaux ont débuté à 8h40' en présence de 16 personnes.

Le nombre a augmenté par après pour atteindre celui de 24 vers 11 heures.

Ont ainsi participé aux débats dans le groupe :

1. M. NTAKIRUTINKA Charles - Président : Secrétaire Général de l'U.N.R.
2. M. MPAWENAYO Prosper - Rapporteur : Directeur-Adjoint du C.E.A.F.R.
3. M. SIBORUREMA Jôran : Délégué de l'O.B.K
4. M. HITIMANA Samuel : Délégué du CRAFOP, U.N.R.
5. M. MUPENDA Frédéric : Délégué de l'E.G.L, Bujumbura
6. M. Abdoulaye M'bow : Délégué du CERER, Dakar Sénégal
7. M. Diarra : Délégué du Centre d'Energie Solaire de Bamako, Mali

8. M. CHOME Robert : Délégué de la Société Rô, Bruxelles
9. M. MUNGARULIRE Joseph : Délégué du CURPHAMETRA, U.N.R.
10. M. BYAMUKAMA Laurent : Collège Saint André Kigali
11. M. TWAGIRAMUTARA Pancrace : Faculté des SESG, U.N.R.
12. Mme MIVUMBI Rita : Projet D.P.E.
13. Mlle DEER Ruth : Consultante de VITA au CEAER
14. M. GASENGAYIRE François : Directeur Général de la Recherche Scientifique et Technique au MINESUPRES
15. M. RUKAKA : Délégué de l'OCIR - Thé
16. Mme NYIRASAFARI Stéphanie : ORINFOR
17. M. SIBOMANA Ezéchias : Usine d'Allumettes
18. M. BAHIGIKI Emmanuel : Faculté des SESG, U.N.R.
19. M. MUREMAMANZI Silas : Faculté des Sciences, U.N.R.
20. M. MAGGI Francesco : Coopération Suisse
21. M. DEREK Love : Délégué du PNUD
22. M. HAKIZIMANA Deogratias : Délégué de la SOMIRWA
23. M. MUHIRA Aeron : Délégué de l'OPROVIA
24. M. BIROLI Phéneas : Directeur des Eaux et Forêts au MINAGRI

Le mode de travail adopté fut celui d'examiner successivement les technologies des Energies Renouvelables susceptibles d'obtenir des explications dans un avenir proche compte tenu du niveau d'avancement de la recherche et/ou de leur impact dans la solution des problèmes énergétiques ou de l'environnement au Rwanda.

Les recommandations ont été faites et adoptées par le Groupe de Travail pour chaque point séparément. Des recommandations d'ordre général ont été également formulées.

Les technologies examinées sont celles relatives à :

1. Cuisinières Améliorées
2. Chauffe-eau solaire
3. Systèmes photovoltaïques
4. Biogaz
5. Microcentrales électriques
6. Séchage, distillation, cuisson, réfrigération solaires
7. Briquettes de la balle de riz, de la parche de café, de la tourbe et du papyrus
8. Les carburants de substitution

Le groupe s'est enfin penché sur deux dernières questions :

1. L'économie de l'énergie
2. La création d'une unité de production des appareils utilisant les Energies Renouvelables

Les recommandations faites par le groupe sont les suivantes :

1) Concernant les cuisinières améliorées

Le groupe recommande

a) Au CEAER

- D'identifier le ou les prototypes qui présentent le meilleur rendement
- De réunir tous ceux qui travaillent dans le domaine des cuisinières améliorées pour la confection d'un programme précis de vulgarisation et de centraliser les initiatives dans le domaine.
- De former des formateurs en donnant priorité aux régions qui souffrent le plus de la carence de bois.

b) Au Pouvoir Public

- De sensibiliser le public par tous les moyens notamment :
 - La presse écrite et parlée
 - Les Séminaires
 - Les démonstrations dans les Centres de Santé, les CERAI, les communes, les écoles ...
 - Le recours aux moyens et méthodes de diffusion du MINASODECO en intégrant dans l'action de vulgarisation les femmes et les personnes influentes
 - Les primes d'encouragement aux utilisateurs
- De rechercher les financements nécessaires auprès des bailleurs de fonds.
- D'appliquer un mécanisme amenant les bénéficiaires à donner une contribution lors de l'acquisition de la cuisinière.
- D'étoffer le CEAER d'un personnel suffisant

2) Concernant le chauffe-eau solaire

Le groupe recommande

a) Au CEAER

- D'améliorer le prototype pour limiter les pénalités d'un éventuel défaut dans le montage et rendre meilleur son esthétique
- D'étudier l'intégration du chauffe-eau solaire dans le bâtiment
- De former des techniques pour la fabrication massive et l'entretien des installations
- De sensibiliser le public aux avantages financiers que présente le chauffe-eau solaire sur le chauffe-eau électrique
- De proposer des normes de chauffe-eau solaires à inclure dans les cahiers de charge
- De créer un fonds de prêt pour les chauffe-eau solaires

b) Au pouvoir Public

- De privilégier le chauffe-eau solaire par la détaxation des maisons équipées en chauffe-eau solaire, l'augmentation des taxes d'entrée du chauffe-eau électrique, l'installation des chauffe-eau solaires dans les bâtiments publics.
- De favoriser les initiatives locales par une tension sur les prototypes et composants importés et le soutien à la production massive des prototypes locaux.

3) Concernant les systèmes photovoltaïques

Le groupe recommande

a) Au CEAER

- De mener les études technico-économiques sur l'utilisation de l'électricité solaire pour l'éclairage et d'autres applications notamment le pompage et l'alimentation d'appareils électroniques.
- De poursuivre l'installation des systèmes photovoltaïques dans les endroits isolés

b) Au Pouvoir Public

- De contrôler les prix de ce matériel importé notamment en créant un monopole d'importation
- De renforcer le C.E.A.E.R. pour qu'il commence à mener des investigations sur la possibilité de produire ce matériel sur place

4) Concernant le Biogaz

Le groupe recommande

a) Au CEAER

- De coordonner la recherche sur le biogaz au Rwanda
- De continuer l'expérimentation en site réel pour savoir les utilisations du biogaz et assurer que les effluents ne sont pas nocifs à l'environnement
- De travailler à baisser le coût de construction

b) Au pouvoir Public

- De privilégier le recours aux digesteurs pour les fins de sanitation et de fertilisation des sols dans les communautés pour autant que les effluents ne portent pas atteinte à l'environnement

5) Concernant les Microcentrales

Le groupe recommande

a) Au CEAER

- De terminer l'inventaire du potentiel des chutes
- De faire une étude relative à l'équipement à pourvoir pour chaque site

b) Au Pouvoir Public

- De confier les installations des micro-centrales à d'autres services que le CEAER
- D'intéresser les bailleurs de fonds et de créer une commission pour l'énergie disposant d'un fonds dans lequel les énergies renouvelables auraient une part importante
- De mettre sur pied une unité de production de pièces d'équipements et de rechange des micro-centrales dans le cadre de la coopération régionale

6) Concernant le Séchage, la cuisson, la distillation et la réfrigération solaire

Le groupe recommande que des études plus poussées soient menées pour obtenir des résultats plus fiables.

Le distillateur solaire, simple à concevoir et peu cher, serait diffusé dans les Centres de Santé et autres communautés comme le chauffe-eau solaire.

7) Concernant le briquetage de la balle de riz, de la parche de café et de papyrus et de la tourbe.

Le groupe recommande

- D'exploiter le papyrus comme solution de rechange à l'exploitation de la tourbe qui présente des désavantages écologiques à certains endroits.
- De limiter l'exploitation de la tourbe aux zones où l'extraction et l'utilisation ne sont pas contraignantes sur les plans économiques et de l'environnement
- De poursuivre les travaux d'étude pour la reconstitution des déchets ligneux et du papyrus en combustibles à usage domestique par la voie du briquetage et de la carbonisation
La carbonisation des briquettes en limite la pollution

8) Concernant les carburants de substitution, les séminaristes ont recommandé la poursuite des études en vue de voir un jour les cultures énergétiques générer des bio-fuels pouvant contribuer à la solution du problème énergétique du pays sans nuire aux autres cultures notamment les cultures vivrières.

9) Concernant l'Unité de Production des composantes utilisant les Energies Renouvelables.

Le groupe recommande que l'U.N.R. propose sans tarder au Gouvernement une formule de création d'une Unité de Production et de Commercialisation de chauffe-eau et distillateurs solaires et de montage de systèmes photovoltaïques et de digesteurs.

cette Unité serait également chargée de l'importation de composantes de systèmes utilisant les Energies Renouvelables.

10) Conserver l'économie d'énergie

Le groupe recommande qu'en plus des solutions techniques classiques et renouvelables préconisées pour la gestion de l'énergie qu'un effort pour l'économie de l'énergie soit exigé de tous.

- Consommation de carburant sur les descentes et lors des stationnements
- Immersion du haricot et autres graines avant la cuisson et l'utilisation de la mannite à pression
- L'éclairage des pièces non occupées et même le choix des équipements électriques
- Recyclage des déchets

III. 3. Rapport des travaux en groupe sur le thème

"La place des énergies renouvelables dans
la politique énergétique".

1. Participants

1. WRIGHT Albert : Directeur-Adjoint ONERSOL
2. NDEKEZI Innocent : Attaché à la Section "Etudes et Planification électricité" d'Electrogaz
3. GASOMA J. Baptiste : Attaché de Recherche au Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
4. NIMBONA Léon : Chef de division au Ministère du Plan
5. RUHIRA J. Pierre : Ingénieur Chimiste au Service Eau et Energie au Ministère des Ressources Naturelles
6. ZIGIRABABILI Joseph. Directeur des Recherches Géographiques au Ministère des Ressources Naturelles
7. KIZOZO MUSHIMBI : Chef de Département Energies Alternatives
8. KARANGWA Casimir : Directeur des Ressources Naturelles au Ministère des Ressources Naturelles
9. RUGWIZANGOGA Théoneste : Ingénieur Electrotechnicien
10. TAYMANS Michel : Ingénieur Agronome
11. KAYOGORA Théoneste : Chimiste à la Sucrierie Rwandaise
12. MAIGA Moussa : Professeur à l'U.N.R.
13. UWIBAMBE M. Goretti : Journaliste
14. BAKUNDUKIZE Michel : Directeur Régional B.G.M.-BUGESERA
15. NDOREYAHU Valens : Professeur et Doyen de la Faculté d'Agronomie
16. BALINDA J. Bosco : Chef de Service BUNEP

2. Election du Bureau

Président : KARANGWA Casimir

Vice-Président : ZIGIRABABILI Joseph
Rapporteur : KIZOZO MUSHIMBI

3. Déroulement des travaux

Les travaux ont débuté le vendredi à 8h30' et se sont terminés vers 17h45'.

Le groupe a adopté une méthodologie de travail suivante :

- a. Analyse de la politique énergétique si elle existe, déterminer ses lacunes et proposer des améliorations
- b. Analyse de l'utilisation actuelle de l'énergie sous toutes ses formes
- c. L'apport des énergies renouvelables dans l'offre globale de l'énergie
- d. Recommandations générales en guise de conclusions

a. Analyse de la politique énergétique

Ayant été informé de l'existence d'un projet de politique énergétique en cours d'élaboration, le groupe a recommandé qu'il soit mis sur pied sans tarder une politique énergétique ainsi qu'une législation en matière d'énergie.

Au niveau organisationnel, plusieurs services s'occupent des problèmes relatifs à l'énergie des fois sans une concertation préalable; cela conduit à des doubles-emplois et à une dispersion des efforts. Le groupe recommande la création d'un service de coordination des activités en matière d'énergie.

Ce service travaillerait régulièrement jour par jour sur le secteur énergétique et présente un avantage sur le comité ou la commission qui ne se rencontre que pendant quelques séances au cours de l'année.

b. Utilisation actuelle de l'énergie

Selon l'étude effectuée sur le secteur énergétique au Rwanda par l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne et le Bureau National d'Etudes de Projets.

Ce bilan énergétique (année 1980) se présentait de la manière suivante :

Bois et déchets végétaux : 96,3%
Electricité
Produits pétroliers

Bois et Déchets Végétaux :

Le groupe, ayant constaté un déficit de bois environ 2,8 millions de m³/an et un gaspillage systématique dans l'utilisation du bois, recommande :

- de poursuivre et d'intensifier le programme national de reboisement
- de diffuser la méthode la plus efficace de fabrication du charbon de bois

- d'introduire et d'utiliser les foyers améliorés tant en milieu rural qu'en milieu urbain
- que toute unité de construction tienne compte dans ses plans de la possibilité d'utilisation rationnelle du bois ou du charbon de bois en prévoyant l'installation des foyers ad hoc
- que dans toutes les unités industrielles (briquetteries, usine à thé, tuileries, etc...) une réglementation sur l'utilisation rationnelle du bois soit instaurée

Hydroélectricité :

Compte tenu du déficit énergétique prévisible à court terme, (134 GWh en 1986 si tous les projets de développement étaient réalisés) le groupe recommande de hâter la réalisation de RUSIZI II et de finaliser les études de GIHIRA et du site de RUSUMO.

- d'entamer et accélérer les études de faisabilité de Mukungwa II, du site de NYABARONGO, du site de RUKARARA.
 - d'établir un inventaire exhaustif du potentiel hydro-électrique et de démarrer l'étude des microcentrales pour l'électrification rurale et pour des applications (moulins à eau scierie) et de mettre en place une structure de gestion et d'entretien de ces microcentrales.
- Constatant après analyse que le coût de l'énergie hydro-électrique est du même ordre de grandeur que l'énergie du charbon, il est recommandé de faciliter l'utilisation de l'énergie électrique en réduisant le coût de raccordement à tous les niveaux
- que l'étude des besoins en énergie électrique soit régulièrement mis à jour

Produits pétroliers

Vu l'état d'enclavement du pays, le manque de ressources nationales en produits pétroliers, le rendement toujours croissant de ces derniers, le groupe recommande qu'une recherche approfondie sur les différents carburants de substitution soit entreprise.

c. L'apport des sources nouvelles d'énergie dans l'offre global de l'énergie

Les sources nouvelles d'énergie disponibles, sont les suivantes :

- biomasse (solide, biogaz)
- solaire
- Gaz méthane du lac Kivu
- tourbe

Biomasse :

- Compte tenu du déficit de bois dont question plus haut, des habitudes des utilisateurs à manipuler les combustibles solides, le groupe donne priorité au briquetage de la matière végétale (papyrus, etc...) pour autant que cette opération ne fasse pas concurrence à l'alimentation du bétail
- Concernant le papyrus, le groupe recommande qu'une étude soit menée pour évaluer la quantité disponible, le cycle de repousse afin d'assurer un approvisionnement continu de l'usine de briquetage et de papeterie
- Dans le souci de diminuer la consommation du bois et des déchets de récolte, il est recommandé de promouvoir l'utilisation du biogaz en milieu rural et en milieu urbain; étant donné le coût d'investissement assez élevé (50 à 60.000 FRW pour un ménage de 6 personnes pour un digesteur de 6 m³) priorité sera donnée aux grandes concentrations humaines qui, par ailleurs ont l'habitude de payer leur combustible

Cette introduction est d'autant plus avantageuse qu'elle permettra l'assainissement du milieu et fournira un engrais de bonne qualité. Quant à la diffusion, il est recommandé de former un encadrement technique appelé à assurer le suivi technique et à sensibiliser les utilisateurs.

Spécialement pour le milieu rural, il est recommandé la création d'un fonds de l'énergie devant permettre l'implantation massive des digesteurs.

- En outre, le groupe recommande que la mélasse provenant de la sucrerie puisse être distillée pour la production de l'éthanol pouvant remplacer en partie l'éthanol importé
- En ce qui concerne le gaz des gazogènes, le groupe recommande que, si les expériences devant être menées dans le cadre du projet régional de la C.E.P.G.L. sur le financement FED s'avèrent concluantes, cette technique soit largement diffusée pour la production de l'électricité.

Solaire :

Etant donné que le C.E.A.E.R. a mis au point quelques techniques d'exploitation de l'énergie solaire et que son but principal est de faire la recherche et non d'entreprendre les activités industrielles ou commerciales, le groupe recommande que les pouvoirs publics mettent sur pied une unité de production et de service après vente des appareils ou systèmes utilisant l'énergie solaire.

En outre, il faudrait encourager les initiatives privées dans la recherche des applications de différentes formes d'énergie.

Pour mener à bien l'élaboration d'une politique nationale en matière d'énergie, il est recommandé la création d'un service national chargé de coordonner toutes les activités en matière d'énergie.

Dans l'élaboration des projets énergétique, il faudra tenir compte de la mise en valeur des produits secondaires et du réaménagement du milieu exploité.

En conclusion, les énergies renouvelables devraient occuper une place prépondérante dans la politique énergétique pour combler le déficit énergétique et servir d'agents de substitution aux sources d'énergie classiques.

III. 4. Rapport des travaux en groupe sur le thème

" Exploitation des énergies renouvelables et gestion de l'environnement "

Liste des présences

1. TWAGIRUMUKIZA Joseph - Président - : MINASODECO
2. MUKAMURENZI Annonciata - Rapporteur - : C.E.A.E.R.
3. SIBOMANA J.M. Vianney : ONAPO
4. BUNANE Charles : O B K
5. NZABONIMANA Cécille : C.E.A.E.R.
6. NGIRABANZI Laurien : G B K
7. HITIMANA Samuel : CRAFOP, U.N.R., BUTARE
8. HABUYAMBERE Jean Enoch : MINESUPRES
9. WEBER Fred : E T M A
10. MINANI César : MININTER
11. URAMUTSE Charles
12. MUSEMINALI P. Canisius : MINECO
13. GASHAYIJA Valens : MINEPRISEC
14. BISHANGARA Cyprien : Faculté des Sciences, U.N.R.
15. MAGGI Francesco : Coopération Suisse, KIGALI
16. SIMBIYOBWE Gaspard : C.E.A.E.R.
17. N'Jo DIARRA : Laboratoire Energie Solaire
BAMAKO - MALI
18. KALIMUNDA Joseph : MINIFOPE
19. MAKUBA Aaron : B.G.M.

Introduction

1. Questions débattues

- a. Quelles pourraient être les sources d'énergies renouvelables qui favoriseraient une meilleure gestion de l'environnement au Rwanda ?
- b. Comment amener la population rwandaise à utiliser les énergies renouvelables en vue de protéger l'environnement ?

c. Quels devraient être les mécanismes appropriés qui permettraient à l'Etat une meilleure gestion de l'environnement

2. Procédure suivie pour débattre la question no 1

- Faire un inventaire des sources d'énergies renouvelables disponibles dans notre pays
- Reprendre chaque type de source d'énergie et examiner
 - 1°. les différents modes d'utilisation existants
 - 2°. la technologie d'exploitation à date
 - 3°. l'impact (positif ou négatif) de son exploitation ou non exploitation sur l'environnement
 - 4°. recommandations

11. Examen de la première question

11.1. Classification des sources d'énergies renouvelables

11.1.1. Sources biotiques

- Bois
- Couvert végétal
- Déchets végétaux
- Déchets animaux et humains

11.1.2. Sources abiotiques

- Eau
- Soleil
- Energie éolienne
- géothermie
- Tourbe

11.2. Etude des Sources biotiques

11.2.1. Le Bois

Généralement le bois est utilisé pour produire de l'énergie calorifique soit par combustion directe ou en le transformant en charbon.

Le bois est communément utilisé sous ces formes dans les familles, dans les ateliers, dans les usines et dans les communautés.

Il a été constaté que les techniques (foyer traditionnel à 3 pierres) utilisées pour exploiter cette source d'énergie ont un très faible rendement thermique de transformation. De même, les méthodes traditionnelles de carbonisation utilisées sont d'un faible rendement (quantité de charbon produit et pouvoir calorifique faibles)

Cette inefficacité des techniques d'exploitation est responsable d'une forte consommation du bois comme source d'énergie, ce qui entraîne le déboisement et ses multiples conséquences sur l'écologie.

Il faut citer aussi un nombre des inconvénients de ces modes et

technique d'exploitation :
l'inconfort dû aux fumées, les risques d'incendies, un travail
excessif (ramassage du bois, temps de préparation, etc...)

11.2.2. Couvert végétal

Le couvert végétal est constitué par l'ensemble de
l'herbage terrestre et aquatique ainsi que les résidus agricoles.
Le couvert végétal est utilisé pour produire de l'énergie calorifique
par combustion directe.

Il faut souligner surtout l'impact négatif sur l'environnement lié
à une exploitation massive du couvert végétal comme source d'énergie :

- diminution de la fertilité des sols
- dénudation des sols suivie de l'érosion
- risques d'incendies avec un feu à longue flamme
- destruction des biotopes

11.2.3. Déchets végétaux

Les déchets végétaux sont définis comme étant les sous
produits du traitement des produits agricoles et d'autres végétaux
(sciure de bois).

Il a été constaté que traditionnellement, ils sont brûlés pour
s'en débarrasser. Cependant leur utilisation comme source d'énergie
pour la cuisson attire de plus en plus l'attention et des expériences
sur le compactage de ces déchets sont en cours.

Par contre, leur non utilisation peut causer la pollution de l'air
et des eaux; ils abritent aussi dans l'habitat des parasites
nuisibles à l'homme.

11.2.4. Déchets animaux et humains

Dans cette catégorie, il a été constaté que seule la
bouse de vache séchée est utilisée traditionnellement pour produire
de l'énergie calorifique.

L'usage de la bouse de vache comme source d'énergie calorifique
la soustraie de ses autres utilisateurs (engrais) mais elle est
utilisée dans la fermentation méthanique elle produit du biogaz
et des engrais.

Par ailleurs, la dissémination des déchets humains surtout est
source d'infection.

11.3. Etude des sources abiotiques

11.3.1. L'Eau

L'eau est utilisée comme source d'énergie renouvelable
pour produire l'hydroélectricité à grande et à micro-échelle.

La société des mines du Rwanda (SOMIRWA) utilise l'énergie mécanique
d'un courant naturel (ruisseau, rivière ...) pour la séparation
des minerais et dans certains cas pour l'extraction des minerais
(eau sous pression).

Les effets néfastes sur l'environnement causés par l'exploitation de l'énergie mécanique ou hydroélectrique sont très nombreux :

- Forte sédimentation
- Développement de l'habitat des parasites
- Inondation et déplacement des populations
- Changement des micro-climats
- Beaucoup de nuisances sur le biotope en aval pendant la construction
- Certains problèmes liés au phénomène d'infiltration et d'autres forces mécaniques de l'eau sur les terres inondées, etc...

Dans le cas du Rwanda, l'exploitation de l'énergie des petites par des micro-centrales pourrait résoudre le problème de l'énergie pour les régions isolées (très éloignées du réseau électrique)

Une attention particulière cependant a été faite au sujet des impacts mésologiques liés à la mise en valeur des ressources en eau du bassin de la rivière Akagera, notamment du projet du Barrage Rusumo.

Les détails sur cette question sont contenus dans le document intitulé "Les principaux problèmes affectant l'environnement et les impacts mésologiques liés à la mise en valeur des ressources en eau dans le bassin de la rivière Akagera" (voir exposé de BUNANE Charles).

11.3.2. Le soleil

L'énergie solaire est utilisée naturellement pour le séchage et l'éclairage.

Actuellement, des expériences de conversions thermique et photovoltaïque de l'énergie solaire sont en cours à l'Université Nationale du Rwanda (CEAER) et donnent des résultats satisfaisants.

L'exploitation du gisement solaire permet la réduction des pressions sur les autres sources d'énergie.

De plus sur l'aspect environnemental, le rayonnement solaire est indispensable aux être vivants.

11.3.3. Energie éolienne

Traditionnellement, l'énergie éolienne est utilisée pour vanner les produits agricoles.

Il a été constaté avec regret qu'il n'existe pas de carte des vents du Rwanda qui permettrait la mise en valeur de cette source d'énergie.

11.3.4. Géothermie

Les connaissances actuelles sur la géothermie du Rwanda sont très limitées mais des recherches sont en cours.

11.3.5. Tourbe et gaz méthane

Ces sources ne sont pas considérées comme des sources

d'énergie renouvelable (au sens de renouvelable à court terme).

Néanmoins, la tourbe peut être proposée comme palliatif aux sources d'énergies renouvelables. Toutefois son exploitation a un impact négatif sérieux notamment sur le régime hydrologique.

III. Examen de la deuxième question

"Comment amener la population rwandaise à utiliser les énergies renouvelables en vue de protéger l'environnement"

III.1. Mesures proposées

1. Informer la population de l'existence des appareils utilisant les énergies renouvelables.
2. Faire des recherches et mettre sur pied des techniques simples et accessibles à la population dans la fabrication des appareils utilisant les énergies renouvelables.
3. Mener une campagne de vulgarisation des connaissances et des techniques sur l'exploitation des énergies renouvelables.

III.2. Moyens à mettre en oeuvre

1. Placer des expériences de démonstration dans les Centres Communaux de Développement et de Formation Permanente (C.C.D.F.P)
2. Programmer des actions de formation de formateurs de la population en matière d'énergies renouvelables
3. Exploitation des masses-média pour la sensibilisation de la population
4. Introduire dans les programmes d'enseignement des cours sur les énergies renouvelables

IV. Examen de la troisième question

"Quels devraient être les mécanismes appropriés qui permettraient à l'Etat une meilleure gestion de l'environnement ?"

1. Il est proposé la création d'un "Centre National de Surveillance de l'Environnement".

Ce Centre aurait un caractère interministériel et aurait pour rôle de donner des avis sur les impacts des projets du secteur public et du secteur privé sur l'environnement ainsi que fournir la documentation nécessaire aux services intéressés avant de débiter les travaux dans telle ou telle région.

2. La définition de la politique énergétique dont les travaux sont en cours devrait favoriser l'exploitation des sources d'énergies renouvelables en concordance avec le "Centre National de Surveillance de l'Environnement" proposé.

Ma

Deuxième Partie :

A C T E S

Chapitre I :

SEANCE D'OUVERTURE

1. Discours prononcé par Monsieur Dismas GASHEGU, Vice-Recteur du Campus de Butare représentant Monsieur le Recteur de l'Université Nationale du Rwanda en mission.
2. Discours prononcé par Mademoiselle Ruth DEER, représentant les Volunteers in Technical Assistance -VITA-
3. Discours prononcé par Monsieur Richard FORD représentant l'Environment Training and Managment in Africa -ETMA-
4. Discours prononcé par Monsieur Eugène R. CHIAYAROLI, Attaché pour la Coopération à United States Agency for International Development - Bureau de Kigali -USAID-
5. Discours d'Ouverture Officielle prononcé par Monsieur Alphonse HIGANIRO, Secrétaire Général au Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique représentant le Ministre en mission.

Discours prononcé par Monsieur le Vice-Recteur du Campus-Universitaire de Butare représentant Monsieur le Recteur de l'Université Nationale du Rwanda à l'ouverture du Premier Séminaire sur les "Apports des Energies Renouvelables à la Gestion de l'Énergie et de l'Environnement au Rwanda" Kigali 10 - 15 Janvier 1983.

Distingués Membres du Comité Central du Mouvement
Révolutionnaire National pour le Développement,
Excellences Messieurs les Ministres,
Excellences Messieurs les Représentants du
Corps Diplomatique et Consulaire,
Honorables Invités,
Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs,
Militantes, Militants du Mouvement Révolutionnaire
National pour le Développement,

C'est pour moi un agréable devoir de pouvoir vous souhaiter la bienvenue à ce Séminaire, organisé à l'initiative du Centre d'Études et d'Applications de l'Énergie au Rwanda, Centre de Recherche de l'Université Nationale du Rwanda sur le thème "Apports des Energies Renouvelables à la Gestion de l'Énergie et de l'Environnement au Rwanda". C'est un sujet d'actualité non seulement au Rwanda mais aussi ailleurs dans le monde.

Je voudrais remercier les Organismes qui ont rendu possible l'organisation de cette rencontre d'un si haut niveau :

- La Présidence du Mouvement Révolutionnaire National pour le Développement, toujours prête à encourager les initiatives destinées à trouver des solutions aux problèmes, a mis à la disposition du Séminaire non seulement ce cadre idéal de travail dans lequel nous nous trouvons mais aussi une contribution financière destinée à couvrir les frais, de déplacement des participants entre les lieux d'hébergement et ce lieu de travail pendant toute la durée du Séminaire ainsi que les frais de logement pour les participants des régions éloignées de Kigali. La grandeur de cette magnanimité m'oblige à vous demander, à vous tous, main forte pour remercier de tout coeur.

- Les Ministères de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, des Ressources Naturelles, des Affaires Sociales et du Développement Communautaire, de l'Agriculture et de l'Elevage, tous intéressés et concernés par les thèmes de ce Séminaire, n'ont ménagé aucun effort jusqu'à présent pour aider l'Université à mettre sur pied l'organisation de ce projet.
Ils ont permis à leurs personnes de participer à toutes les séances de préparation, des moyens logistiques ont été fournis, des conférenciers ont été désignés pour assurer à ce forum une réussite totale. Tout cela témoigne, si besoin en était de l'intérêt que le Gouvernement rwandais attache au progrès des secteurs des énergies et de l'environnement.
- Le Programme de formation et de gestion de l'environnement en Afrique, E.T.M.A. en sigle, a contribué d'une façon déterminante en fournissant une participation financière pour couvrir notamment les frais de voyage et de séjour de la plupart de participants venus de l'Etranger, les frais de secrétariat, de l'évaluation, etc...
- Le Service des Volontaires pour l'Assistance Technique (VITA) a envoyé une documentation importante qui permettra un déroulement facile des travaux de ce Séminaire.
- Enfin, l'Agence Américaine pour de Développement International, U.S.A.I.D., a servi de trait d'union indispensable entre les deux Organismes américains précités et l'Université Nationale du Rwanda pour harmoniser les points de vue lors de l'organisation: sans son infrastructure en matière de communication, il eût été quasiment impossible de rassembler tous les spécialistes de l'Energie et de l'Environnement dont nous saluons la présence à Kigali.

Nos remerciements vont de nouveau à cette Agence dont nous sommes satisfaits de la manière dont est conduite la collaboration avec le C.E.A.E.R.

Distingués Membres du Comité Central du M.R.N.D.,
Excellences Messieurs les ministres
Excellences Messieurs les représentants du Corps
Diplomatique et Consulaire
Honorables invités
Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs,
Militantes, Militants du M.R.N.D.

L'Université Nationale du Rwanda qui va voir se réaliser, l'un des objectifs lui confié par la Nation à savoir la Recherche Scientifique et particulièrement dans le domaine des Energies nouvelles et renouvelables trouve ici sa satisfaction : ce forum permettra de faire connaître à la population rwandaise et même des pays étrangers par le biais des différents délégués, les efforts déployés par le C.E.A.E.R. au sein de l'Université Nationale du Rwanda. En cherchant les moyens de mettre à la disposition de la population l'énergie, moteur du développement, le C.E.A.E.R. contribue, modestement mais réellement, à améliorer les conditions de vie et donc à accélérer le progrès des masses. Ses objectifs démontrent d'ailleurs, que cette préoccupation s'inscrit dans sa ligne d'action. Nous citerons entre autres :

- L'étude du potentiel énergétique au Rwanda.
- la conception, la construction et l'expérimentation des appareils utilisant ce potentiel
- Aider le Gouvernement à intégrer dans la consommation l'apport des énergies nouvelles et celui des énergies traditionnelles dont la dimension, l'éparpillement ou le manque de technologie appropriée en empêchent encore l'utilisation rationnelle et confortable.
- Contribuer au développement rural dans le secteur de l'énergie.

Depuis sa création en 1974, malgré sa petitesse et ses moyens limités à l'image de ceux du pays, le C.E.A.E.R. a mis au point et installé des chauffe-eau solaires, des distillateurs solaires; il a mené et continue à mener des recherches sur le potentiel énergétique, sur la Réfrigération, sur la cuisson tant solaire que du point de vue des cuisinières à bois améliorées, sur le séchage solaire, sur les méthodes économiques de production du charbon de bois et sur la biomasse. L'exposition organisée parallèlement à ce Séminaire, les échanges entre les participants ainsi que l'excursion sur le terrain permettront d'apprécier à sa juste valeur le travail accompli.

Distingués Membres du Comité Central du M.R.N.D.
Excellences Messieurs les Ministres
Excellences Messieurs les Représentants du Corps
Diplomatique et Consulaire
Honorables invités
Chers participants
Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs
Militantes, Militants du M.R.N.D.

Le C.E.A.E.R. qui, comme vous venez de l'entendre, contribue de sa façon au Développement National, connaît des problèmes pour lesquels une assistance est requise. Il ne serait pas possible de les énumérer tous, aussi m'en tiendrai-je aux plus importants :

- Le travail de conception qui est le sien exige du personnel qualifié en nombre suffisant. Dans cette optique, le Gouvernement rwandais sera sollicité par l'Université qui espère rencontrer une oreille toujours attentive.

- Les travaux de recherche terminés doivent, pour être utiles à la population, être exploités dans un cadre approprié. Encore une fois le Gouvernement qui a dépensé pour la Recherche devrait encourager le suivi de celle-ci en mettant sur pied un atelier d'exploitation et en dégageant le C.E.A.E.R. des tâches de routine au profit de la Recherche proprement dite.

- Le Gouvernement, encore lui, devrait en vue de protéger la technologie nationale, contrôler les entrées des produits semblables à ceux qui ont présenté des avantages évidents.

Les Organismes de Coopération dont les propositions sont saluées toujours avec joie, devraient éviter autant que possible les retards dans l'exécution de leurs projets et de penser à la formation des nationaux qui prendront la relève le moment venu.

Tels sont les souhaits que l'Université se devait de transmettre aux responsables des décisions et elle est sûre que sa voix sera entendue.

VIVE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
VIVE LA COOPÉRATION INTERNATIONALE

Discours prononcé par la Déléguée de VITA à l'ouverture du premier Séminaire sur les "Apports des Energies Renouvelables à la Gestion de l'Energie et de l'Environnement au Rwanda".

Kigali, 10 - 15 Janvier 1983.

Distingués Membres du Comité Central
Messieurs les Ministres, Messieurs les
Ambassadeurs,
Mesdames, Mesdemoiselles et Messieurs,

C'est avec plaisir que je prends la parole au nom de mon Organisme, Volontaires en Assistance Technique, ou VITA.

Le monde connaît actuellement une crise d'énergie très grave. Nous ne pourrons plus habiter cette planète si nous ne trouvons pas de moyens efficaces pour ralentir l'épuisement de nos ressources énergétiques, nos ressources naturelles. Dans un pays enclavé comme le Rwanda, vous êtes encore plus contraints que les autres à subvenir à vos propres besoins énergétiques.

Dans ce contexte, un Séminaire sur les énergies renouvelables, qui prend en considération aussi l'environnement, est très opportun. Le nombre de personnes ici présent témoigne de l'intérêt réel que manifeste le Rwanda à cette question.

Nous sommes très contents de faire partie de ce Séminaire, de cet échange d'informations, de ce regard vers le futur. VITA est une organisation non-gouvernementale, dont les activités principales sont de mettre les gens en contact les uns avec les autres, et de fournir des renseignements techniques à ceux qui les demandent. Effectivement, vous verrez sur la table de derrière un certain nombre de documents qui portent le nom de VITA.

Aussi, nous avons exploité notre réseau international d'informations pour vous trouver plusieurs films et séries de diapositives. Mais qu'expliquent ces documents? Que montre ces films? Un travail comme le vôtre, le travail de groupes comme le CEAER, par exemple. Nous sommes ici pour écouter, pour apprendre, pour pouvoir ensuite porter vos expériences, vos conclusions, vos projets futurs à d'autres pays. Ce n'est qu'en travaillant tous ensemble que nous avancerons. (Moi-même j'ai eu l'honneur de travailler avec le CEAER à Butare pendant 6 mois.)

Je n'ai rien d'autre à ajouter sinon à vous
souhaiter -à nous souhaiter- une bonne semaine de travail; en espérant
que votre pays en profitera bien par la suite.

VIVE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE AU SERVICE
DE LA SOCIETE !

Merci.

Discours prononcé par le Délégué de ETMA à l'Ouverture du premier Séminaire sur les "Apports des Energies Renouvelables à la Gestion de l'Energie et de l'Environnement au Rwanda".

Kigali, 10 - 15 Janvier 1983.

Messieurs les Ministres

Délégués

Distingués Invités

Bienvenu au Séminaire, au nom du projet ETMA.

En anglais, ETMA est Environmental Training and Management in Africa; en français, ETMA est le Programme de la Formation et de la Gestion en Matière d'Environnement en Afrique.

Le Projet ETMA est financé par USAID pour l'exécution, en collaboration avec l'Organisation Africaine des Séminaires et des Workshops. Ce Séminaire est un exemple.

C'est un honneur d'avoir l'occasion d'assister à ces efforts importants parce que nous mettons une grande priorité à la collaboration avec les Organisations et Institutions locales, dans la lutte contre la dégradation des ressources naturelles.

Les problèmes d'environnement africain ne sont pas nouveaux. Nous savons, par exemple, que les empires sahéliennes anciens de Ghana, Mali, Sengha, et Kanem-Bornu ... riches il y a cinq cent ans ... ont désintégré à cause des pressions sur les ressources Naturelles. Nous savons par un autre exemple que les grandes migrations des peuples qui parlent la langue Bantu ont été initié par le manque des terres disponibles. Et, nous savons que la prospérité de Monomotapa en Zimbabwe - de Buganda en Uganda - de Kongo en Angola - et beaucoup des gens au Rwanda a été basé sur une bonne gestion de terre... avec bonne régulation traditionnelle !!

A cause de changement dans le 20ème siècle
le premier changement, la colonisation
le deuxième changement, l'indépendance

La gestion traditionnelle est en danger de disparaître. Nous avons besoins d'élaborer des méthodes nouvelles pour le management national de ressources naturelles.

Il y a trois facteurs principales :

1. pressions démographiques
2. expansion dans des terrains marginaux
3. taux de dégradation alarmante des eaux, des sols et du couvert végétal (notamment les forêts naturelles)

Il y a trois solutions principales :

1. Augmentation des rendements et production
par exemple reboisement
2. Economiser la consommation
par exemple l'utilisation des foyers améliorés
3. Aménagement plus rationnel
par exemple travaux de terrassement

Ce Séminaire ne se concrétisera pas uniquement seul; plutôt, il englobera sur les trois solutions principales. Donc, il y a beaucoup de Délégués, beaucoup de Ministères, beaucoup de pays, beaucoup des Projets et beaucoup de disciplines. Nous sommes prêts à discuter, écouter, étudier et à prendre des actions.
Le résultat le plus important pour nous c'est l'action. Notre plus grand espoir c'est d'animer des actions ponctuelles.

Discours prononcé par l'Attaché pour la Coopération de l'USAID à l'ouverture du Premier Séminaire sur les "Apports des Energies Renouvelables à la Gestion de l'Energie et de l'Environnement au Rwanda"

Kigali, 10 - 15 Janvier 1983.

Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs,

Lorsqu'il nous a été suggéré que l'Agence pour le Développement International prête son appui à ce Séminaire, nous étions bien entendu, plus favorables.

Il nous plaît de penser que l'USAID s'est placée au premier rang en concentrant son attention sur la nécessité d'une meilleure compréhension de l'impact du développement sur l'environnement. Notre intérêt pour le maintien et l'amélioration d'un environnement où la population peut vivre, travailler et se développer, reste très ferme.

Vu son importance dans la satisfaction des besoins énergétiques d'un grand nombre de personnes, je voudrais dire un mot sur la mise en valeur et la préservation des ressources forestières.

Les forêts pourvoient à deux besoins principaux. Dans beaucoup de pays, comme au Rwanda, le rôle qu'elles jouent en tant que source d'énergie pour le chauffage et la cuisine est traditionnel, substantiel et bien reconnu.

Il n'est un secret pour personne que les ressources forestières dans une grande partie du monde sont détruites à un rythme très rapide.

De la même manière, les mesures visant à accroître l'efficacité avec laquelle les combustibles sont produits, gérés, convertis, commercialisés et utilisés, devraient intervenir aussi rapidement. Le deuxième rôle des forêts consiste à stabiliser les sols et le flux des eaux et à créer des bassins hydrographiques. La production agricole diminue avec une fréquence croissante tandis que la disponibilité et l'utilité de l'énergie électrique en tant que principal substitut du bois sont compromises par le manque de forêt qu'elle est appelée à remplacer.

J'estime qu'un programme d'action destiné à préserver et à améliorer l'environnement doit comprendre au moins les facteurs suivants :

Point 1. Une compréhension des problèmes qui se posent.

Cela implique une prise de conscience de l'impact de chaque projet particulier sur la zone géographique du projet.

Point 2. Les pays doivent adopter des politiques de nature à empêcher la dégradation de l'environnement et à favoriser un développement en harmonie avec l'environnement. Aider les Gouvernements à comprendre l'effet à long terme des actions d'aujourd'hui constitue un moyen d'assurer un cadre politique approprié.

Point 3. Il faut développer la capacité humaine et institutionnelle à travers une combinaison d'activités de formation et de renforcement des institutions.

Point 4. Un échange d'information sur les problèmes et la technologie est essentiel. Ce Séminaire constitue un exemple des moyens à mettre en oeuvre pour obtenir une meilleure connaissance de notre situation sur le plan de l'environnement. Ici au Rwanda, les organisations régionales, telles que l'organisation du Bassin de l'Akagera et la Communauté Economique des Pays des Grands Lacs, offrent des forums idéales pour la coordination et l'échange technologiques.

Point 5. Enfin, il est nécessaire d'entreprendre des recherches élargies sur les problèmes de l'environnement.

Je voudrais terminer en confessant que je ne suis pas un expert, ni en matière d'environnement ni dans le domaine de l'énergie.

Je vous laisse le soin de débattre de tous les aspects de ces problèmes.

Je vous rappelle seulement que l'U.S.A.I.D. est prête à contribuer à apporter une meilleure compréhension de ces problèmes et à les résoudre.

Discours de Monsieur le Secrétaire Général représentant
Monsieur le Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique à l'occasion de l'ouverture du
Séminaire sur les Apports des Energies Renouvelables à la
Gestion de l'Energie et de l'Environnement au Rwanda
Kigali 10 - 15 Janvier 1983.

Distingués Membres du Comité Central du M.R.N.D.
Excellences, Messieurs les Ministres,
Excellences,
Honorables Invités,
Honorables Délégués,
Militantes et Militants du M.R.N.D.

C'est pour moi un grand honneur et un réel plaisir
de prendre la parole devant cette auguste assemblée au nom de Son
Excellence Monsieur le Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique, et en mon nom propre et de procéder à l'ouverture
des travaux du Séminaire sur les "Apports des Energies Renouvelables
à la Gestion de l'Energie et de l'Environnement au Rwanda".

L'honneur m'échoit aussi de pouvoir souhaiter,
au nom du Gouvernement rwandais et en mon nom propre la bienvenue
à toutes les délégations.

J'espère que dans notre capitale KIGALI, que
probablement certains d'entre vous découvrent pour la première fois,
vous trouverez un accueil à la hauteur de l'hospitalité rwandaise
qui vous permettra de faire efficacement vos travaux.

Excellences
Mesdames
Messieurs

La situation énergétique dans le monde préoccupe
à un plus haut degré toute la communauté internationale depuis la
crise pétrolière de 1973.
C'est dire que le problème énergétique est réel dans tous les pays,
tant développés que ceux en développement.
C'est pourquoi divers mécanismes ont été imaginés afin de sortir
le monde de l'impasse dans laquelle l'insuffisance énergétique ne cesse
de le plonger.

A cet égard, l'une des principales concrétisations de la contribution internationale à la recherche des solutions aux problèmes énergétiques a été la tenue à Nairobi, en Août 1981, d'une "Conférence sur les Sources d'Énergies Nouvelles et Renouvelables".

Les travaux de cette Conférence ont abouti à la formulation de principales mesures de politique énergétique générale, à savoir :

- l'évaluation et la planification dans le domaine de l'énergie;
- la recherche - développement et la démonstration;
- le transfert, l'adaptation et l'application des techniques mises au point;
- les courants d'information et de formation ainsi que la mobilisation des ressources financières.

Le Rwanda, pays surpeuple, enclavé et dont les ressources financières sont extrêmement limitées, ressent avec acuité les problèmes de l'énergie. En effet, comme le fait remarquer Son Excellence, Monsieur le Président de la République quand il dit (et je cite) :

" La dimension de la crise énergétique que connaît notre pays n'est sans doute pas liée uniquement aux chocs pétroliers. Les énergies dites traditionnelles, échappant en général aux transactions marchandes, satisfont à peine nos besoins énergétiques" (fin de citation).

Ainsi, l'énergie primaire consommée au Rwanda, provenant essentiellement du bois, des déchets de bois et d'autres déchets végétaux, devient de plus en plus insuffisante suite au recul incessant des forêts et à la forte demande par les populations.

Cette insuffisance ne concerne pas uniquement le bois, mais aussi l'énergie hydro-électrique. Malgré les infrastructures énergétiques réalisées au cours de ces dernières années, beaucoup d'efforts sont encore à faire car la quantité d'énergie hydro-électrique produite reste trop limitée pour pallier la carence énergétique dans notre pays.

Une étude récente commandée par le Ministère des Ressources Naturelles et effectuée conjointement par le Bureau National d'Études des Projets (BUNEP) et l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) sur la "Stratégie énergétique au Rwanda" montre qu'un déficit énergétique serait inévitable si tous les projets de développement prévus dans notre IIIe Plan Quinquennal 1982-1986 étaient réalisés.

Cette situation appelle d'urgence la prise de décision sur les mesures adéquates à prendre pour prévenir cette menace. Les pouvoirs publics sont convaincus que la mise en valeur de toutes les ressources énergétiques est l'une des mesures nécessaires au progrès socio-économique du Rwanda.

Le Gouvernement rwandais, conscient de la gravité du problème énergétique dans notre pays, s'emploie à asseoir une politique énergétique nationale susceptible de permettre de trouver des voies et moyens pour des solutions adaptées à notre situation nationale. Dans ce contexte, il soutient avec fermeté la recherche scientifique en matière d'énergies nouvelles et renouvelables (effectuée principalement au sein de l'Université Nationale du Rwanda) et il est engagé, dans le cadre de la coopération sous-régionale, dans la réalisation des programmes d'exploitation des rivières frontalières.

Excellences, Mesdames, Messieurs,

L'organisation de ce Séminaire s'inscrit précisément dans la ligne directe de cette politique de recherche des solutions à ces problèmes énergétiques.

L'exploitation de certaines sources d'énergies renouvelables nécessite des technologies avancées et des moyens sophistiqués. Par ailleurs, il est connu que l'application des technologies modernes a quelque fois des répercussions fâcheuses sur l'équilibre de l'environnement. Aussi l'exploitation des sources renouvelables des énergies exigera une nouvelle méthodologie de gestion de l'environnement.

C'est pourquoi il est indispensable de se pencher d'orès et déjà sur la corrélation qui doit exister entre l'application des technologies des énergies renouvelables et l'environnement.

Ainsi, Mesdames, Messieurs les Séminaristes,

Au cours de vos travaux vous aurez à réfléchir sur les situations énergétique et environnementale préoccupantes que connaît l'humanité en général et le Rwanda en particulier et vous serez sans doute amenés à émettre des propositions concrètes pour augmenter les apports des énergies renouvelables sans pour autant nuire de manière catastrophique à l'environnement dans nos pays. Cette adéquation n'est certainement pas facile à satisfaire, mais je reste convaincu que les compétences et les bonnes volontés réunies par ce Séminaire permettent de forger nos espoirs en votre imagination, puisque vous connaissez suffisamment le problème énergétique dans nos pays et vous êtes à même de proposer des actions appropriées. Par conséquent, je nourris l'espoir de voir les six jours que vous allez passer ensemble générer un courant puissant dans la recherche des solutions au problème énergétique dans notre pays.

Excellences, Mesdames, Messieurs,

L'organisation de ce Séminaire aurait été impossible si les Organismes : Programme de la Formation et de la Gestion en Matière d'Environnement en Afrique (ETMA), Volontaires de l'Assistance Technique (VITA) et l'Association pour le Développement International (USAID) ne nous avaient apporté leur concours matériel.

J'adresse donc nos remerciements aux représentants de l'ETMA, de VITA et de l'USAID ici présents. Qu'ils soient les interprètes de notre gratitude auprès de ces Organismes.

J'adresse également, au nom de tous les organisateurs de ce Séminaire, tous nos remerciements à Son Excellence Monsieur le Secrétaire Général du M.R.N.D. pour avoir consenti d'octroyer une aide financière substantielle pour l'organisation du Séminaire et pour avoir voulu mettre à la disposition des séminaristes des locaux pour le déroulement de leur travaux.

J'adresse aussi nos remerciements à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, moralement ou matériellement à la réalisation de ce Séminaire.

J'adresse enfin nos remerciements à tous les pays et Organismes internationaux qui ont répondu à notre invitation.

Mesdames, Messieurs les Séminaristes,
Je souhaite plein succès à vos travaux !

Et c'est sur ce souhait que je déclare le Séminaire sur les "Apports des Energies Renouvelables à la Gestion de l'Énergie et de l'Environnement au Rwanda" ouvert.

JE VOUS REMERCIE !

Chapitre II :

PREMIERE SESSION

ETAT DE L'ENERGIE ET DE L'ENVIRONNEMENT AU RWANDA

1. Politique Energétique du Rwanda
Par IYAMUREMYE Daniel
 2. Etat des Tendances de l'Environnement en Afrique
Par Fred Webber
 3. Etat de l'Environnement au Rwanda
Par KAYIHURA Vincent
 4. L'énergie dans le Programme d'Action de l'Organisation du Bassin de la KAGERA (OBK)
Par SIBORUREMA Jôram
 5. Les Principaux Problèmes affectant l'Environnement et les Impacts Mésologiques liés à la Mise en Valeur des Ressources en Eau dans le Bassin de la Rivière Akagera.
Par BUNANE Charles
 6. L'E.G.L. et ses activités dans le domaine des Energies Nouvelles et Renouvelables.
Par MUPENDA Frédéric et
KIZOZO MUSHIMBI BIN FAMBA
-

POLITIQUE ENERGETIQUE DU RWANDA

Par le Ministre des Ressources Naturelles,
Monsieur Daniel IYAMUREMYE

Résumé :

La présente communication se penchera essentiellement sur l'examen de la situation actuelle du Rwanda dans le domaine énergétique, dégagera les contraintes rencontrées dans le développement des différentes sources d'énergie utilisées au Rwanda et proposera des solutions pour combattre les contraintes.

Ces sources d'énergie sont : l'électricité, les combustibles ligneux, l'énergie éolienne, l'énergie solaire (thermique et photovoltaïque), la tourbe, la biomasse (combustible solide tel papyrus, déchets des industries agricoles et du bois, biogaz), géothermie, gaz méthane du lac Kivu et produits pétroliers.

L'exposé proposera les grandes lignes des orientations de la politique énergétique du Rwanda, dont la toile de fond est constituée par le Plan d'action de Lagos et le Programme d'action de Nairobi.

En outre des mesures d'appui nécessaires pour renforcer ces orientations seront données pour compléter la communication.

1. Analyse de la situation

1. Domaine Electrique

A l'indépendance du pays, c-à-d en 1962, il n'existe qu'une seule centrale hydroélectrique de Ntaruka, qui alimente presque exclusivement les Centrales Minières (Rutongo, Musha et Rwinkwavu). Les Centres Urbains sont alimentés par les centrales thermiques. A cette époque, la production de l'énergie électrique est de l'ordre de 10,4 Mio Kwh.

Dès l'accession à l'indépendance, la politique du pays dans ce domaine a consisté à raccorder les différents centres d'intérêt économique au réseau HT, et bien qu'actuellement presque tous les centres importants du pays sont alimentés à partir du réseau HT. Ceci a nécessité la construction de nouvelles centrales telles : Mukungwa et une interconnection avec le réseau Zaïrois.

La production d'énergie électrique a augmenté pour atteindre 67,4 Mio Kwh en 1980. En ce qui concerne la production hydro-électrique nationale, nous avons une puissance installée de l'ordre de 24,5 MW. Malgré cet effort, les études en cours laissent présager un déficit en énergie électrique d'ici 1986.

2. Bois de feu

Le bois constitue la source principale d'énergie utilisée au Rwanda. (96,3%). Ceci s'explique évidemment par la composition de l'habitat, qui est essentiellement rural et le faible niveau des revenus des Rwandais.

Actuellement, la demande est supérieure à l'offre, avec un déficit de l'ordre de $2,8 \times 10^6$ m³/an.

Cette forte pression sur nos ressources en bois aboutit à la disparition de nos forêts; c'est ainsi que :

- au Bugesera, le couvert végétal est passé de 1051.25 km² en 1958 à 375 km² en 1979, soit une régression de l'ordre de 65%.
- la forêt naturelle de Nyungwe a été réduite passant de 1141.25 km² à 971.38 km² durant la même période, soit une régression de 15%
- tandis que la forêt, des volcans, de 338.70 km², elle a été ramenée à 150.65 km², soit un recul de 56%

Les conséquences d'une telle situation sont immédiates :

- érosion des sols
- assèchement des sources d'eau
- modification du micro-climat
- enlèvement des rivières et des barrages
- malnutrition
- diminution de la production etc...

3. Autres sources d'énergie

- Le Rwanda dépend entièrement de l'extérieur pour ses produits pétroliers; nous importons de l'ordre de 50.000 T de produits pétroliers par an.
- Dès la crise énergétique mondiale de 1973, le Rwanda s'est préoccupé de trouver d'autres sources d'énergie. Notre situation géographique permet de compter sur un potentiel en énergie solaire important; c'est pourquoi, les recherches ont été entreprises, principalement au Centre d'Etudes et d'Applications de l'Energie au Rwanda à Butare. Ces études ont porté sur la thermique, la photovoltaïque, la tourbe, la biomasse, le biogaz, etc... Les résultats obtenus jusqu'à date nous permettent d'espérer.
- Le Rwanda est situé dans la région du Rift Africain; C'est pourquoi nous avons entrepris des études de reconnaissance de notre potentiel géothermique notamment dans la région volcanique du pays.
- Le Lac Kivu contient des quantités considérables de gaz méthane évalué à 50 milliards de km³. Les études de préfaisabilité en vue d'exploiter cette ressource sont terminées, les études d'avant-projet sommaires commenceront au cours de l'année 1983.

Voilà ce qui est de la situation énergétique au Rwanda; pour l'avenir, il sera nécessaire de tracer une politique énergétique pour un développement harmonieux dans le secteur.

II. Orientation de la politique énergétique du Rwanda

Depuis un certain temps, les services concernés, sous la Présidence du Ministère des Ressources Naturelles, travaillent sur un document de Politique Énergétique du Rwanda; à l'heure actuelle, ce document est encore sous forme de projet; il sera soumis aux instances supérieures pour approbation après modifications éventuelles.

Mais d'ores et déjà, il y a lieu de relever les traits principaux ci-après :

Les orientations de notre politique énergétique sont à placer dans le cadre du Plan d'Action de Lagos et du Programme d'Action de Nairobi, elle aura comme objectifs:

- l'utilisation, le plus possible, des ressources naturelles nationales;
- l'amélioration de l'efficacité (rendement) des procédés d'utilisation et de production de l'énergie;
- une meilleure complémentarité entre les différentes source d'énergie.

Ces objectifs à leur tour sont à placer dans le cadre des grandes missions de notre IIIe Plan, notamment :

- la promotion d'un emploi procurant un revenu qui permet de satisfaire les besoins primaires et l'instruction formation qui permet à chacun de jouer pleinement son rôle dans la vie économique et sociale;
- l'amélioration de l'état de santé de la population, de la promotion d'un logement sûr et ayant un minimum de confort, de la production de biens de consommation de masse et du développement de la vie et des loisirs.

I. Dans le domaine de l'hydro-électricité

Pour faire face au déficit prévisible, il faudra:

- hâter la réalisation de Rusizi II et la finalisation des études des sites déjà identifiés;
- établir un inventaire précis du potentiel hydroélectrique;
- étude des micro-centrales pour l'alimentation des Centres ruraux;
- étude de la stabilité du réseau de distribution

2. Bois de feu et charbon de bois

- l'introduction des foyers améliorés;
- l'introduction des fours à haut rendement énergétique dans les briquetteries, tuileries, etc...
- amélioration du rendement des méthodes de fabrication de charbon de bois;
- poursuivre et intensifier le programme national de reboisement.

3. Autres sources d'énergie

- Les études commencées doivent se poursuivre à un rythme plus accéléré;
- les résultats des recherches en cours doivent être vulgarisés et étendus;
- le Gouvernement doit prendre toutes les mesures administratives et financières en vue de promouvoir l'utilisation des énergies nouvelles et renouvelables.

III. Mesures d'appui

Toute politique, si intéressante soit-elle, est vouée à l'échec si elle n'est pas soutenue par des mesures administratives et financières bien appropriées.

Aussi, pensons-nous que les mesures suivantes s'avèrent nécessaires:

1. Création d'une Commission Nationale sur l'Énergie :

Le Plan de Nairobi recommande... " qu'au cours de la présente décennie tous les pays qui le désirent soient en mesure de formuler et d'appliquer les stratégies nationales de l'énergie faisant partie intégrante de leur planification du développement. A cette fin, les pays voudront peut être désigner immédiatement des organes centralisateurs nationaux chargés de l'évaluation et de la planification dans le domaine d'inventaire des ressources, des besoins et des technologies, ainsi que des prévisions de l'offre et de la demande pour l'utilisation finale, de manière à identifier les domaines d'action à court et à long terme, y compris pour la coopération internationale".

A ce propos, je suis convaincu que la création d'une commission nationale pour l'énergie est nécessaire et urgente pour:

- coordonner et planifier les actions du domaine énergétique;
- proposer des stratégies de développement du secteur.

Cette commission serait composée des représentations des différents services concernés par le secteur énergétique.

2. Financement :

La mise en oeuvre de la politique énergétique exigera

des montants de financement importants. Le Gouvernement devra donc étudier et mettre en place un système pratique de financement des programmes qui seront élaborés et devra réserver au secteur énergétique une place prépondérante dans les négociations des aides extérieures.

3. Unité de Production et de Maintenance d'Appareils et de Systèmes utilisant les Energies Renouvelables.

Jusqu'à date, les résultats des recherches, pourtant très encourageants, n'ont pas ou peu dépassé le stade de démonstration. Ceci s'explique par le fait que le CEAER reste un Centre de recherche et ne peut pas, sans dévier de son but principal, se lancer dans des activités industrielles et commerciales pour la production et la vente de ces appareils.

Aussi, est-il temps que les pouvoirs publics prenant les mesures pour la mise sur pied d'une Unité ou d'un Service de Production et de Maintenance d'Appareils utilisant les Energies Renouvelables: les promoteurs privés sont invités.

4. Information et Formation :

La population doit être formée et informée sur :

- la situation énergétique du pays;
- l'introduction des nouvelles technologies, etc...

De cette façon, elle pourra aider le Gouvernement dans l'application de sa politique.

5. Renforcement des structures administratives :

Les structures actuelles de l'Administration sont caractérisées par le peu de moyens humains et matériels.

Elles doivent être étoffées pour leur permettre :

- d'élaborer des programmes et une planification du secteur;
- de suivre l'exécution de ces programmes, etc...

Voilà, Mesdames et Messieurs, Militantes et Militants du M.R.N.D. brossés en quelques lignes certains aspects de la situation et de la Politique Énergétique de notre pays; Il est à espérer que vos travaux permettront d'en mieux saisir les contours. De vos travaux nous attendons beaucoup de suggestions et des propositions; je vous souhaite bon succès.

MERCI.

66'

ETAT DES TENDANCES DE L'ENVIRONNEMENT EN AFRIQUE

Par Fred WEBBER
ETMA, U.S.A.

Résumé:

L'augmentation des pressions sur les ressources naturelles, surtout le sol et la végétation, amène à la réduction des bases disponibles. Sur-couper, sur-pâturer, exploiter dans une façon anarchique ont des conséquences graves: déforestation dans les zones humides, désertification dans les endroits plus arides. Les plus grandes sont les pressions, les plus fortes sont les tendances de réduction ou de destruction de ressources.

A la base du problème se trouve le fait que, à l'état actuel, peu de pays de l'Afrique peuvent se permettre ce qui est devenu un luxe d'utiliser les ressources naturelles selon des règles traditionnelles et coutumières.

Il existe peu de choix:

- amélioration des rendements
- réduction des taux de consommation
- gestion plus rationnelle des ressources qui existent

Des changements profonds sont nécessaires et demandent non seulement des approches nouvelles en termes techniques et économiques mais surtout socio-politiques.

Les expériences de "développement" dans les secteurs ruraux nous ont clairement montré que l'appui de la population, c'est-à-dire les cultivateurs et pastoralistes (wanandri), leur participation et leur collaboration est une condition primaire sans laquelle tous les efforts au niveau national et international sont inévitablement condamnés à l'échec. Par contre, on voit par l'intermédiaire de certaines actions positives des succès ponctuels, peu répandues mais néanmoins réelles qu'il est possible de bien renverser ces tendances à condition que les changements nécessaires sur tous les fronts, économique, social, politique et technique sont introduits dans le cadre des approches équilibrées et intégrées.

A titre d'introduction, permettez-moi d'abord de faire une remarque générale: à l'occasion des réunions comme la nôtre il est normal qu'on se demande, en regardant le titre d'un exposé comme le mien, ce qu'entend le bonhomme qui parle par le terme "environnement"? Les réflexions qui forment la base de mon intervention sur les tendances de l'environnement ont été bien résumées l'autre jour par un agent forestier d'un autre pays africain: "l'environnement c'est tout ce qui est autour de nous, qui concerne tout le monde".

(1) "Ce qui est autour de nous" comment nous nous en servons?

Comment on utilise les eaux, les sols, la végétation, la faune, les ressources halieutiques etc.

- 1) D'abord nous l'utilisons pour satisfaire nos besoins d'un jour à l'autre.
- 2) En même temps, nous comptons dans le futur sur une certaine continuité, un renouvellement des ressources disponibles (eaux, sols) si bien que dans le cas de la végétation sur une sorte de protection contre les aléas climatiques (protection contre l'érosion hydrique, les vents, le froid, la chaleur)

Donc, on exploite, mais en même temps, on compte sur un autre élément très important la protection.

- (2) Quels sont les besoins prioritaires "autour de nous" qui sont à la base de la vie humaine?

Sans eau → pas de vie

Sans nourriture → on ne va pas loin non plus

Donc: la priorité au développement se concentre sur les ressources en eaux et l'augmentation de la production agricole, comme ceci est prévu dans tous les plans nationaux.

Mais: ce développement selon son ampleur risque de dépasser la capacité de renouvellement, de la reconstitution naturelle.

On risque donc de réduire le capital: les sources d'eau diminuent, la végétation naturelle disparaît (résultat: déforestation, désertification, érosion) et la menace la plus grave.

La fertilité des champs de culture traditionnelle baisse jusqu'au point où ils ne donnent plus rien.

Alors: développer c'est détruire. Est-ce que c'est orçise?

Est-ce que c'est inévitable?

Si on fait le bilan des dernières vingt années à travers l'Afrique, il est incontestable que l'environnement physique (la nature) autour de nous est beaucoup plus menacé, moins riche, moins productive qu'avant.

Ils existent pas mal d'efforts sophistiqués (satellite, ordinateur, modèles mathématiques) qui nous donnent des renseignements assez précis sur l'état de détérioration en termes de couverture végétative, rendements agricoles, taux d'érosion (c.-à-d.: perte des sols) etc.

Mais il suffit tout simplement de se renseigner parmi les vieux sur le terrain, soit agriculteurs, soit éleveurs, pour apprendre tout de suite que "l'environnement n'est plus comme avant". Là, où dans quelques dix années il y avait encore des forêts pleines d'antilopes et de lions, il ne reste plus assez aujourd'hui pour même ravitailler des petits troupeaux de moutons ou de chèvres. Vous connaissez mieux que moi des cas pareils à travers du continent entier. Les endroits où on peut dire avec confiance que la situation ne s'est pas aggravée sont presque inexistantes et toujours très très localisés.

Comment c'est arrivé? Qu'est-ce qui se passe? Un grand nombre de facteurs entrent dedans. Plus compliqués: plusieurs entre eux dépendent les uns des autres. Bien sûr, la pression démographique

joue un rôle important. Les experts nous informent qu'ils existent des pays en 1883 où il n'y avait qu'une personne qui dépendait de (= exploitait) la nature où aujourd'hui il y en a six! Les pluies sont devenues moins abondantes, nous disent souvent les vieux. Ceci est aussi possible même que l'épreuve scientifique est difficile à fournir. Sans doute les dessins pupèstres des hippopotames et crocodiles dans les montagnes de l'Aïr au Niger ou au Sud-Est de Botswana n'étaient pas inspirés par des photos émises par des Instituts Géographiques d'Outre-Mer. Ce qui est sûr, c'est que le couvert végétal a été, et continue d'être réduit à cause de plusieurs facteurs à la fois:

- exploitation de bois (surtout pour l'énergie de cuisson) mais pas uniquement
- exploitation non rationnelle des pâturages par le bétail
- expansion de l'agriculture, inévitable à cause de la baisse de fertilité des terrains agricoles traditionnels
- feux de brousse annuels et systématiques.

Il n'existe que très peu de cas où la dégradation est causée uniquement par un seul de ces facteurs divers. (implications pratiques)

1. L'élimination d'un de ces facteurs ne va pas arrêter à lui seul, la dégradation n'importe de l'enveloppe disponible.
2. Avant de se lancer dans des efforts de lutte contre la déforestation/désertification ou contrôle d'érosion, on doit se rendre compte de l'importance relative que joue le facteur traité par les interventions prévues (p. ex: reboisement) pour ne pas être découragé après quand, malgré des appuis importants, les autres facteurs non traités continuent à aggraver l'ensemble de la situation.

A travers les différents écosystèmes africains, soit humides, soit arides, soit montagneux, soit dans les plaines ou vertes, les ressources naturelles qui fournissaient la base de vie de l'homme dès son début préhistorique sont en train d'être diminuées par des pressions (meux connues que jamais) de plus en plus graves. L'état des tendances de l'environnement, soit dans un milieu rural, soit dans les zones industrielles et urbaines à travers l'Afrique, comme on peut le constater en termes purement techniques et réalistes, est nettement en détérioration. Selon des observations systématiques (résultats de plusieurs projets de type "suivi écologique", inventaire de ressources naturelles,...), ces tendances défavorables dans la plupart des cas s'accroissent chaque année malgré des efforts de plus en plus importants qui tendent à diminuer cette évolution négative.

Où est-ce qu'on est? Qu'est-ce qu'on a appris?

1. Les problèmes de dégradation du milieu naturel sont très complexes et échappent à des solutions purement sectorielles techniques ou macro-économiques (l'expérience nous a clairement montré qu'il est impossible (souvent même dangereux) de vouloir résoudre un seul problème isolé par exemple le problème "pénurie en bois de feu" par la plantation d'un grand nombre d'arbres sans

se demander: sur quel terrain, qui va les entretenir, comment les bénéfices ultérieurs seront partagés et quels sont les bénéfices traditionnels "perdus".

2. Dans la plupart des cas, la population rurale, c.-à-d. les sédentaires, les pastoralistes, ne détruisent pas leur environnement parce qu'ils ne comprennent pas. Plutôt ils sont forcés, par manque d'autres options, de continuer à sur-couper, à défricher pour avoir des nouveaux terrains de cultures, à continuer comme avant même s'ils savent très bien que "ce n'est pas bon".
La réalité nous impose aussi de noter que souvent des textes législatifs, des règlements où la manière de leur application ont éliminé, malgré des bonnes intentions à l'origine, toute initiative locale de conservation ou de protection.
3. Des actions de conservation, de restauration, de protection réussissent seulement là où ils s'alignent avec les réalités sociales, culturelles et politiques qui existent sur le terrain. L'état de la santé, de l'éducation et de la sécurité civile joue un rôle si important que le développement technique, économique ou l'établissement des infrastructures modernes.
4. Le système d'exploitation traditionnelle des ressources naturelles vis-à-vis de ces pressions fortement accélérées et les aspirations plus élevées, est devenue incapable de soutenir l'équilibre écologique qui existait avant. Si les tendances actuelles continuent, chacun de nous peut bien faire le calcul soi-même pour voir où ça va nous amener!
5. Il est donc évident qu'il faut faire quelque chose mais quoi? Comme nous l'observons dans la pratique (africaine), il existe en principe trois possibilités qui souvent peuvent à la rigueur être appliquées conjointement:
 - A. Augmenter les rendements: rendements de cultures, de l'élevage, forestiers, halieutiques etc. Développer la production des ressources non traditionnelles, la maîtrise des sources d'énergie renouvelable. Dans pas mal de cas, des technologies appropriées sont au point. De bons exemples encourageants existent déjà, mais d'autre part, il reste pas mal de travail à faire. Comme exemple je cite les changements assez rapides dans le secteur de production forestier qui ont évolué, des plantations de monocultures en "exotiques" via des efforts en foresterie "communale" à l'intégration totale des efforts de reboisement aux systèmes individuels et familiaux beaucoup mieux adaptés (et acceptés) par la population locale. Mais, là aussi il reste du travail. Au moment où l'on s'occupe encore des problèmes urgents techniques et économiques (amélioration génétique, efficacité de production en pépinière, etc.) trois sur quatre arbres plantés, à l'état actuel, meurent ou sont sévèrement abîmés, avant l'âge de cinq ans par manque d'entretien et de protection à travers plusieurs pays (bétail, feu, manque d'eau, mauvaises herbes, etc.).

B. Economiser la consommation. Ceci ne veut pas du tout dire moins manger ou moins boire, au contraire: réduire les pertes après les récoltes, mieux conserver l'eau ou la nourriture, employer des foyers qui utilisent moins de bois de chauffage. Voici des exemples où certaines améliorations ont déjà été faites qui sont, dans certains cas, applicables dès maintenant.

C. Introduire des méthodes de gestion des ressources naturelles plus rationnelles. Ceci, nous nous rendons bien compte, dépend entièrement de qui décide ce qui est "rationnel". Il n'est pas possible de produire le maximum de maïs et de fourrage et de bois de feu de même parcelle. Quelqu'un doit choisir ce qu'il veut (bien possiblement: en mélange) mais c'est seulement après qu'on a choisi que les investissements supplémentaires peuvent donner des résultats satisfaisants. Il nous paraît très important de souligner la nécessité d'envisager une gestion globale, intégrée, pluridisciplinaire qui prend en considération l'ensemble de "ce qui est autour de nous qui concerne tout le monde". A part des facteurs de l'environnement physique, les aspects (problème si bien que des solutions éventuelles) de santé, de l'économie (macro si bien que micro), d'éducation, des services de l'Etat, de la vie sociale et culturelle, des problèmes d'énergie, des structures politiques traditionnelles si bien que modernes sont tous à considérer ensemble. La considération des principes écologiques n'est pas à releguer comme moins important que les autres. L'écologie appliquée est la même chose que l'économie prudente à long terme.

Comme avec beaucoup d'autres situations dans la vie on ne peut pas espérer de trouver une solution qui satisfait tous les espoirs. Il est donc nécessaire de faire des choix, évaluer avec prudence les avantages et désavantages relatifs parmi les différentes options, quelquefois on est obligé par les circonstances et les limites des ressources de choisir "le moins de pire" comme quelqu'un pendant un séminaire sur le même sujet à la Côte d'Ivoire l'a appelé.

Les besoins énormes, les demandes souvent contradictoires doivent tous être considérées. Les tendances actuelles exigent des initiatives courageuses, des engagements sans délais et des considérations approfondies de tous le monde intéressé à un développement rationnel et soutenu.

L'état des tendances de l'environnement en Afrique devient de plus en plus sérieux mais la situation n'est pas irréversible si les actions nécessaires sont prises soigneusement, efficacement et avec une prudence qui englobe tout ce "qui concerne tout le monde".

Il n'y a pas de solutions simples, mais il nous paraît qu'il existe pas mal de choix prudents, bien réalisables.

71'

-

ETAT DE L'ENVIRONNEMENT AU RWANDA

Par Dr KAYIHURA Vincent
Secrétaire Général
au Ministère des Affaires
Sociales et du Développement
Communautaire.

Résumé :

En s'inspirant de la méthodologie adoptée par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement pour présenter le bilan à l'occasion du dixième anniversaire de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement qui s'est tenue à Stockholm en 1972, l'état de l'environnement au Rwanda est présenté en 10 points :

1° L'atmosphère

Peu de remarques seront faites au sujet du Rwanda qui, présentement, ne connaît pas de réel problème de pollution atmosphérique. Néanmoins les industries naissantes sont à contrôler.

2° Les eaux

Les lacs et les cours d'eau sont présentés comme les greniers de la vie aquatique au Rwanda, mais la salinité de leurs eaux et les autres formes de pollution doivent être contrôlés, y compris l'acidification et l'eutrophisation de l'eau douce.

La perturbation des nappes phréatiques est examinée en rapport avec la mise en valeur des marais. La disparition du lac Cyohoha nord est évoquée comme un symptôme d'un déséquilibre dans l'environnement à identifier. Enfin, l'environnement des établissements humains est présenté en rapport avec le système de distribution et de consommation de l'eau potable et le système de collecte et de traitement des eaux usées, surtout en milieu urbain.

3° La lithosphère

L'extraction minière, en particulier à ciel ouvert et en carrière est présentée comme un processus qui va toujours grandissant.

De même, la recherche de tourbières, l'exploitation des sables asphaltiques et des schistes bitumeux pourront avoir une incidence néfaste sur l'environnement.

Des techniques d'utilisation rationnelle des minerais et des méthodes de remise en état des sols exploités devront être mises sur pied pour une meilleure protection du sol.

4° Biotes terrestres et systèmes bio-productifs

L'augmentation de la demande de produits agricoles et de bois

de chauffage et d'autres plantes utilisées comme sources d'énergie renforcera la pression exercée sur les terres; pourra avoir des influences défavorables sur les terres et les ressources en eaux, notamment sur les forêts et les herbages.

Suite à l'exploitation excessive et à l'érosion, la perte des sols et leur dégradation, entraînant aussi la perte de ressources génétiques qui pourraient se révéler précieuses.

5° Population et santé humaine

Dans notre pays où la pression démographique conduit déjà à une forte réduction de la capacité de la charge de nos terres, un ensemble de facteurs sociaux et économiques, y compris les revenus trop bas, peu ou pas de possibilités d'éducation, l'absence d'emplois en dehors de l'agriculture, et d'autres pressions économiques qui seront dues à la forte fécondité de la population seront à la base d'un plus grand fléchissement de la capacité de la charge de notre terre. Ainsi donc se créera un cercle vicieux comportant des relations de cause à effet: la dégradation de l'environnement provoquée par une population nombreuse pourra créer des conditions de vie rendant difficile l'obtention d'une réduction de la fécondité; or, la croissance continue de la population intensifie encore davantage les pressions sur l'environnement et sur les terres et entraîne la dégradation des conditions de vie de la population.

6° Etablissements humains

Un grand nombre de centres urbains continueront de s'étendre à un rythme plus rapide que celui auquel l'Etat pourra assurer les services communautaires essentiels tels que logements, approvisionnements en eau, assainissement dans les établissements humains restera dans les prochaines années. Il devra être envisagé des mesures d'application de directives écologiquement saines à la planification des établissements humains, aux techniques de construction, à la fourniture des services et à la mise en place des infrastructures. De même, l'octroi d'une priorité plus élevée au développement rural devra être concrétisé pour réduire l'exode rural.

7° Energie, industries, transports, technologie et commerce.

Le coût de l'énergie ira toujours croissant, alourdissant considérablement les dépenses qui pèsent sur les économies des familles. La demande de bois de chauffage continuera d'augmenter. Les sources d'énergie renouvelables devront être adoptées progressivement et devront faire l'objet de travaux de recherche intensifs dans l'étude des stratégies énergétiques futures.

8° Tourisme

Le développement du tourisme doit être compatible avec la protection de l'environnement. Bon nombre des habitats naturels qui attirent les touristes par leur beauté et leur

cadre sont écologiquement fragiles. Leur distinction peut entraîner la destruction de réserves génétiques animales ou végétales.

9° Education-formation relative à l'environnement.

Un exposé particulier a été réservé à la formation et l'éducation en matière d'environnement.

10° Gestion et législation de l'environnement.

Un autre exposé a été réservé à la législation de l'environnement; de plus, une séance de discussion sera réservée à la gestion et à la législation de l'environnement. L'exposé aborde cette question dans le sens de l'évaluation des actions engagées dans cette matière.

Dans le Larousse on lit que l'environnement est l'ensemble des éléments naturels où se déroule la vie humaine. L'environnement comprend des éléments naturels comme l'eau, le sol, l'air, les minéraux, la faune et la flore ainsi que d'autres éléments qui influent sur la condition humaine tels que la pauvreté, l'ignorance et la maladie. C'est en fait un ensemble de facteurs écologiques et sociales dans lesquels l'homme vit.

Au départ l'homme vivait en parfaite symbiose avec l'environnement. faisant partie intégrante de l'écosystème, il était aux mêmes facteurs écologiques que les autres formes de vie, mais très tôt il sut leur résister et même dévier leur cours en fonction des progrès qu'il faisait dans sa culture, son langage et son intelligence.

Vivant de la cueillette et de la chasse, il avait besoin de grandes étendues pour survivre et il se mouvait à sa guise dans la nature pour autant qu'il n'était pas aux prises avec un fauve qui parfois triomphait de lui ou terrassé par la maladie ou la famine. Petit à petit les rapports existant entre l'homme et l'environnement se sont modifiés. L'animal raisonnable a assujéti la nature, il l'a dompté pour la mettre à son service. C'est surtout le passage de l'état de chasseur à celui d'agriculture ou de pasteur nomade qui romput les liens l'attachaient à l'écosystème. Son affranchissement lui a permis de maîtriser l'environnement, de se multiplier, de cultiver, récolter et fabriquer différents produits nécessaires à sa survie devenant ainsi le centre du réseau alimentaire.

Pour augmenter la production alimentaire ou autre, il s'est attaqué à la forêt, aux bêtes sauvages, détourné les cours d'eau, drainé les marais, bref il a façonné l'environnement selon ses aspirations. Malheureusement dans cette course effrénée à la production il a provoqué d'autres transformations tels que la déforestation, la désertification de nombreuses espèces de la faune et de la flore, la salinisation des eaux, la surcharge de l'atmosphère en particules de poussière très fines qui est à l'origine de certaines perturbations climatiques et j'en passe.

C'est le processus de déstabilisation de l'environnement qui s'installe.

L'accroissement démographique et la recherche effrénée des ressources naturelles entraînent des dégradations importantes du milieu et menacent ainsi la stabilité et la viabilité de l'environnement.

Néanmoins ce processus de déstabilisation peut être arrêté voire inversé, mais c'est encore une fois l'homme qui doit en supporter le coût.

Le Rwanda, l'un des pays du globe que l'on compte par ailleurs parmi les pays les plus pauvres, n'a pas été à l'abri de ce processus. Les collines dénudées, les baisses constatées des niveaux de certains lacs, les perturbations climatiques observées ces derniers temps sont autant de facteurs que l'on peut citer.

L'exposé que j'ai l'honneur de faire devant cette auguste assemblée passera en revue certains éléments de l'environnement tels que l'atmosphère, les eaux, la lithosphère, les biotes terrestres et systèmes bio-productifs, en relation avec les facteurs qui l'influencent le plus à savoir la poussée démographique, l'énergie, le tourisme et enfin l'éducation.

1^o. L'atmosphère

La pollution atmosphérique est surtout liée à l'industrialisation; celle-ci commence à pointer dans notre pays. Les quelques usines existantes ne dégagent pas de forte quantité de CO₂ ou d'autres gaz toxiques.

Toutefois des précautions devraient être prises à temps pour éviter au maximum la pollution atmosphérique et son effet sur la vie en construisant les différentes usines loin des agglomérations et à de grandes distances les unes des autres.

L'atmosphère peut aussi être polluée par de fines particules de poussière soulevées par le vent dans les déserts ou par de gros engins utilisés dans les travaux publics ou dans les champs. Un tel danger n'est pas à craindre dans notre pays pour le moment. L'état de l'atmosphère qui nous entoure est donc satisfaisant.

2. Les eaux

Nul n'ignore l'importance de l'eau dans la vie de l'homme. Il l'utilise pour ses besoins domestiques: cuisson, lessive, boisson; pour la construction de son logis etc...

L'hydrologie est la résultante de plusieurs facteurs physiques et climatiques. Notamment: la nature des sols, le relief du paysage et la pluviosité.

Au Rwanda, pays aux Mille Collines, plusieurs cours d'eau serpentent dans tous les coins, de nombreux marais et lacs complètent la beauté légendaire qui attire plus d'un touriste. Il convient néanmoins de préciser que malgré ces nombreux cours d'eau, marais et lacs, ces greniers de la vie aquatique, 50% de la population seulement ont accès à l'eau potable. Dans certaines régions surtout à l'Est et au Sud-Est du pays, la population doit parcourir de longues distances pour atteindre l'eau. L'eau, bième très important tant pour la vie animale que végétale subit elle aussi l'action de l'homme. La recherche de terrains à cultiver, l'urbanisation, les grands travaux tels que la construction des routes, des ponts, des digues, la satisfaction des besoins toujours accrus en énergie entraînent des transformations de la nature qui ont des conséquences directes ou indirectes sur l'eau.

Tantôt le cours d'eau est dévié de son chemin habituel dirigé dans une conduite forcée pour engendrer de l'énergie électrique, tantôt ce sont les marais qui sont dépouillés de leur végétation naturelle, drainés et l'exploitation agricole etc.

Le déboisement en brisant la barrière des eaux de ruissellement entraîne une baisse de la quantité d'eau dans les nappes phréatiques et un tarissement des sources. Les mêmes perturbations peuvent être observées suite au drainage exagéré des marais.

A titre exemplaire le lac Cyohoha subit une baisse annuelle de 0,84 m de haut. Plusieurs hypothèses ont été avancées pour expliquer ce phénomène. Il n'y a pas à douter pourtant que le déséquilibre écologique centré surtout sur le déboisement, est à l'origine de ce déficit hydrique.

Outre ces modifications d'ordre physique, la qualité de l'eau peut être altérée suite à la contamination biologique ou chimique.

En effet les eaux usées, les déchets agricoles et industriels sont des sources de pollution bien connues.

Si l'on descend au parc industriel de Gikondo, on remarque que tous les déchets des usines et les huiles de vidanges des véhicules sont déversés dans les marais.

Les immondices dans les Centres urbains sont jetés n'importe où et les eaux de pluies les entraînent dans les rivières et les lacs polluant ces derniers. Certaines substances même si elles ne sont pas directement toxiques par ex.: les effluents des égouts s'accablent dans le réseau alimen-

taire et peuvent ensuite provoquer la croissance exagérée des algues qui consomment tout l'oxygène biologique contenu dans l'eau.

En définitive, la pollution de l'eau aboutit à l'affaiblissement de l'écosystème pour ne laisser subsister que quelques espèces végétales et animales résistantes.

La prolifération des plantes toxiques dans l'eau stimule comme dit plus haut la prolifération des algues qui consomment à leur tour l'oxygène contenu dans les eaux profondes. Ce processus appelé entrophisation n'a d'autre conséquence que la destruction de la plupart des espèces de la vie aquatique dont le poisson pourtant utile pour notre alimentation. Seule la carpe et le poisson-chat pouvant supporter cette vie anaérobie.

3° L'accroissement démographique et son influence sur l'environnement.

Comme mentionné plus haut, l'homme est à la base de tous les changements qui s'opèrent dans l'écosystème.

L'accroissement démographique qui influe sur l'augmentation des besoins alimentaires et partant la disponibilité des espèces à cultiver.

La recherche des ressources naturelles et énergétiques sont à l'origine de certaines transformations de la lithosphère et perturbent les systèmes bio-productifs.

En effet, la pression démographique entraîne forcément le déboisement des terres marginales souvent impropres à l'agriculture, la destruction du sol, de la faune et de la flore sauvage et aggravent le déséquilibre écologique en donnant champ libre à l'érosion éolienne et pluviale.

On voit un peu partout des collines dénudées rongées par des ravins et sur lesquelles plus rien ne pousse.

Il faut que l'on se rappelle le plus souvent possible que la couche superficielle terrestre n'a que quelques centimètres d'épaisseur.

Mais ce tissu, qui produit la grande partie de l'alimentation de l'homme est soumis à un traitement intolérable; les forêts sont abattues, les savanes sont brûlées, le peu d'herbe qui pousse ici et là sur le reste des terres éventrées sont broutées par les animaux domestiques. Il ne reste plus rien qu'un sol exposé à toutes les intempéries; les fines particules de poussière soulevées par le vent s'élèvent dans l'atmosphère, la bonne terre est emportée dans les cours d'eau. C'est un désert qui s'installe.

Notons qu'il faut plusieurs siècles pour qu'une couche de 2 à 3 cm de sol superficiel puisse se former mais qu'un temps très court suffit pour la détruire et découvrir une roche édentée et grimaçante.

En plus de l'érosion, il se produit un autre processus appelé salinisation des sols. Ce phénomène survient surtout suite aux

modifications des nappes phréatiques naturelles causées par un drainage peu adéquat.

L'extraction des minerais à ciel ouvert comme on le fait dans notre pays entraîne des modifications importantes de la configuration du sol qui ne sont agréables qu'à l'œil de celui qui exploite la carrière, mais qui inquiètent certains géographes, poètes, agronomes ou autres personnes intéressées par l'environnement. Les mêmes transformations sont provoquées par l'exploitation d'autres carrières pour des fins de travaux publics.

Il faudrait envisager une restauration des espaces détruites. Toujours par l'action de l'homme à la recherche de son mieux-être: nourriture, bois de chauffage etc. il se produit des effets nuisibles à sa santé et au cycle de la vie biologique. Par la diminution des forêts, la photosynthèse baisse et l'atmosphère risque d'être saturée de CO₂. Par la diminution des superficies hydriques, l'évaporation et les précipitations deviennent insuffisantes à leur tour, et la fin des fins on n'aura plus de pluie.

C'est un tableau sombre, mais qui démontre la nécessité et l'urgence de veiller à l'équilibre écologique avant qu'il ne soit trop tard.

Rappelons-nous que le désert du Sahara actuel était jadis le grenier de l'Empire Romain. Pensons au Rwanda aux sécheresses qui surviennent dans certaines régions du pays comme le Bugesera, le Mayaga, la région de Rusumo ...

Dans notre pays, les forêts naturelles de NYUNGWE, GISHWATI, les savanes arborées du BUGESERA et de l'Est du pays ont subi une diminution très importante de l'ordre allant de 3 à 45%.

Les données récentes et fiables à ce sujet font défaut, une étude devrait être faite pour évaluer les pertes infligées à ce patrimoine afin de pouvoir déterminer objectivement les mesures à prendre pour préserver ce qui reste et remplacer les étendues détruites.

L'environnement est un domaine très vaste qu'il est difficile d'explorer dans un simple exposé.

Je m'en voudrais toutefois de passer sous silence certains aspects de l'environnement social du Munyarwanda tant en ville qu'à la campagne.

Il n'est point nécessaire de vous démontrer l'influence que la pression démographique a sur l'environnement.

Si dans notre pays la densité de la population est de l'ordre de 180 habitants au km² de la superficie totale (26.338 km²), elle est de 370 habitants/km² de surface utile. La pression démographique conduit à la saturation de la capacité de charge de nos terres alors que plus de 75% de la population vivent de l'agriculture.

Les conditions de vie deviennent de plus en plus dures si rien n'est fait pour stabiliser voire baisser le taux de fécondité observé actuellement.

Le 3e plan de Développement économique, social et culturel a d'ailleurs fixé comme objectif pour la politique démographique d'arrêter la tendance actuelle à l'accélération du système de croissance de la population pour le stabiliser à 3,7% par an et mettre en place les conditions nécessaires à une indispensable décroissance ultérieure.

Un ensemble de facteurs socio-économiques plaident en faveur de cette décroissance en effet, car les terres se font de plus en plus rares, notre pays n'étant pas élastique, les revenus sont encore trop bas et risquent de devenir de plus en plus insuffisants.

Cette dégradation des conditions de vie consoliderait le cercle vicieux infernal - pauvreté-ignorance-mauvaise santé.

La santé étant le bien-être mental, physique et social et non seulement l'absence de maladie.

L'extension désordonnée et rapide de nos villes accentue les risques de dégradation de cet environnement tant du point de vue social que physique.

En effet, les constructions se font à un rythme tel que l'Etat ne pourra pas assurer toujours à temps les services communautaires essentiels tels que l'approvisionnement en eau, l'assainissement, le transport etc.

L'on constate pour le moment que des constructions s'élèvent pêle-mêle dans certains coins de la ville, que les voies d'accès à certains logements sont difficiles et que l'assainissement est quasi inexistant.

Des efforts ont été déployés ces derniers temps pour améliorer la qualité des logements dans la ville notamment par le lotissement des terrains et la distribution des parcelles économiques.

Ils restent toutefois insuffisants.

En effet, la gestion des espaces disponibles ne devrait pas se limiter à la Capitale ou aux Chefs-lieux des préfectures, ignorant

totallement les zones rurales où les centres d'attraction naissent spontanément.

De plus les dispositions d'assainissement du milieu urbain surtout devraient être prises pour l'évacuation des eaux usées et le traitement des déchets domestiques ou industriels.

Pour le lotissement de la ville, on procède souvent à des expropriations, mais le reclassement de ces personnes déplacées exige la plupart du temps des défrichements des zones marginales impropres à l'agriculture.

C'est là encore un facteur de déstabilisation de l'environnement auquel s'ajoute recherche croissante des sources d'énergie.

En campagne, l'habitat est caractérisé par sa dispersion, son exigüité et souvent par son insalubrité (cuisine à l'intérieur promiscuité avec les animaux domestiques.)

D'importants progrès ont été réalisés ces derniers temps pour améliorer l'habitat par l'utilisation des matériaux plus appropriés, la construction des maisons près des routes et la pratique de l'hygiène domestique. Néanmoins le chemin est encore long. Eu égard à la pression démographique et à la rareté des terres agricoles, il faudrait à mon sens arriver au regroupement de l'habitat afin de libérer le plus de terre possible à exploiter d'une façon collective et plus rationnelle.

Outre la disponibilité des espèces, le regroupement de l'habitat permettrait d'améliorer les conditions de vie de la population notamment par l'électrification rurale, la distribution de l'eau potable et l'installation de systèmes de production d'énergies nouvelles et renouvelables comme le biogaz et l'énergie solaire.

La flore et la faune sont un patrimoine très riche mais qui risque de disparaître suite à la pression démographique. Le Parc National de l'Akagera et le parc des Volcans constituent les seules réserves de ce patrimoine. On constate pourtant que l'homme essaie de s'y infiltrer petit à petit menaçant ainsi les bêtes sauvages et la végétation naturelle et partant le Tourisme qui est non seulement une activité récréative mais aussi une source de devises non négligeable.

Ce patrimoine naturel doit être gardé jalousement pour son intérêt récréatif, sportif et lucratif d'une part écologique et scientifique d'autre part.

Conclusion:

L'état de l'environnement de notre pays n'est pas lamentable, mais il subit une dégradation progressive suite surtout à l'exploitation démographique et à l'effort de développement. La pression démographique conduit à une forte réduction de la capacité de la charge de nos terres. Un ensemble de facteurs sociaux et économiques y compris les revenus trop bas, l'ignorance, l'absence d'emplois en dehors de l'agriculture et d'autres pressions économi-

ques sont à l'origine du fléchissement progressif de la capacité de la charge de notre terre constituant ainsi une menace sérieuse à l'environnement.

La population ignore les dangers qui la guettent suite à la dégradation de l'environnement. Il faudrait concevoir une politique globale de l'environnement car à ces problèmes de déstabilisation de l'équilibre écologique, biologique et social, une solution unique, même importante comme le reboisement, pris isolément, est souvent inefficace. Une combinaison d'actions telles que l'information et la formation de la population, la lutte anti-érosive, la protection des forêts naturelles de la faune et de la flore, la mise au point d'autres sources d'énergie à la portée de la population, l'instauration d'une législation appropriée en matière d'énergie, la planification de la famille est la seule voie pour les affronter victorieusement.

Protégeons l'environnement et nous survivrons à notre tour!

BIBLIOGRAPHIE

1. RUNYINYA BARAGWILIZA:

L'aménagement du territoire
Dialogue n° 93, 94, 1982

2. Nourriture et environnement

FAO 1976

3. Serges DESOUTER:

L'alimentation en eau potable en milieu rural
Dialogue n° 89, 1981

4. J.P. GODDING:

La forêt de Gishwati menacée?
Dialogue n° 70, 1978

5. M. NYIRAKARAGWE, Le reboisement au Rwanda

Dialogue n° 70, 1978

6. P.N.U.E., Examen des incidences de la production et de l'utilisation de l'énergie sur l'environnement
UNEP/GC/61/Add.1
2 janvier 1976

7. Christian PRIOUL et Pierre SIRVEN

Atlas du Rwanda
Kigali Paris-Nantes 1981

8. P.N.U.E.: L'Environnement en 1982

Rétrospective et Perspective

UNEP/GC (SSC)/2
29 janvier 1982

9. P.N.U.E.: Le programme de l'environnement
UNEP/GC.6/7
20 février 1978

L'ENERGIE DANS LE PROGRAMME D'ACTION DE L'ORGANISATION DU BASSIN DE LA KAGERA (O.B.K.)

Par SIBORIIREMA Jôram

Introduction

L'Organisation pour l'Aménagement et le Développement du Bassin de la Rivière KAGERA a été créée le 24 Août 1977 à RUSISIMO. Quatre pays à savoir le BURUNDI, l'UGANDA, le RWANDA et la TANZANIE en sont membres.

Le programme d'action de l'O.B.K. comporte 6 volets :

1. L'Agriculture tant pluviale qu'irriguée ;
2. L'Energie;
3. Le Transport par route et par voie ferrée;
4. Les Télécommunications;
5. La formation et le support institutionnel;
6. Autres secteurs (reboisement, pêche, tourisme, industries, écologie et environnement, élevage etc...).

La présente communication sera consacrée à l'énergie.

Chapitre I : Situation énergétique actuelle dans le Bassin de la Kagera.

Le Bassin de la Kagera qui a une superficie de 59.800 km² dont 22% au Burundi, 10% en Uganda, 33% au Rwanda et 35 en Tanzanie vit à plus de 90% de la production agricole caractérisée par une autoconsommation. Le secteur d'activités productrices ne fait que démarrer.

Il est donc important que d'ores et déjà, on pense à maîtriser la demande de l'énergie qui ira en croissant.

Actuellement il existe dans le bassin plusieurs ressources pour la production de l'énergie : le bois, le gaz-méthane, la tourbe, l'énergie géothermique, l'énergie hydroélectrique.

- 1.1. Le bois : est la forme d'énergie la plus utilisée surtout dans le chauffage et la cuisson domestique. Le déficit de cette forme d'énergie dans tout le bassin est déjà critique car les réserves forestières sont abattues à un rythme beaucoup plus rapide que la reforestation. Cette situation est déjà alarmante et a beaucoup de conséquences d'ordre écologique et d'environnement.

1.2. Le Gaz Méthane

Des gisements importants ont été identifiés dans le lac Kivu. Des études poussées ont été faites pour déterminer les méthodes d'extraction de ce gaz. L'utilisation de ce gaz pour la production du méthanol et des engrais semble être la plus optimale à condition de résoudre les problèmes de capitaux nécessaires pour entreprendre un projet aussi coûteux.

1.3. La Tourbe

Des gisements existent dans le Bassin au Burundi et au Rwanda. Des études appropriées sur la tourbe sont en cours mais les réserves ne couvriraient que 15 ans d'utilisation si on se limite aux besoins domestiques et quelques besoins industriels.

1.4. L'Energie Géothermique

Dans le Bassin de la Kagera, ces sources ont été identifiées à RUHENGURI. De même que pour la tourbe cette source est limitée mais des études poussées doivent être menées.

1.5. L'Energie Solaire

Dans le bassin de la Kagera les conditions climatiques justifient l'installation solaire à grande échelle, plusieurs études et projets de démonstration ont été menés mais il est temps de passer du domaine expérimental aux réalisations concrètes à grande échelle. Cette remarque est également valable pour la biomasse.

1.6. L'Energie Hydroélectrique

Jusqu'à un passé récent, les pays du Bassin ont largement des usines thermiques pour la production d'énergie dans le Bassin.

Chapitre II : Bilan énergétique dans le Bassin

Tableau I

	1980	1985	1990	1995	2000
	GWH	GWH	GWH	GWH	GWH
BURUNDI					
Demande	49,7	95,8	147,4	226,8	349,0
Offre	24,9	62,1	107,8	133,6	233,6

Déficit/Surplus	24,8	33,7	39,6	93,2	115,4
RWANDA					
Demande	68,7	117,4	164,7	231,0	324,0
Offre	69,4	97,5	194,7	194,1	194,1
Déficit/Surplus	+0,7	-19,9	+29,4	-36,9	-129,9
TANZANIE					
Demande	62,2	367,7	589,1	801,1	1077,5
Offre	-	-	-	-	-
Déficit	-62,2	-367,7	-589,1	-801,1	-1077,5
Déficit total pour le réseau intercon- necté BURUNDI-RWANDA	-24,1	-53,6	-10,2	-130,1	-245,3
Déficit total pour le réseau intercon- necté BURUNDI-RWANDA - TANZANIE	-86,3	-421,3	-599,3	-931,2	1322,8

Source : Mission multidisciplinaire
Energie.-Vol.3- 1982

Du Tableau I on peut déduire ce qui suit :

- Le déficit des années 1980 est composé par des usines thermiques qui coûtent trop cher eu égard au coût du carburant;
- Dans le Bassin en l'an 2000 il faudra faire face à un déficit de 1322,8 CWK/an.-

Chapitre III : Stratégie de production d'énergie pour l'an 2000

3.1. Objectifs

Les objectifs visés par le programme d'action de l'OGK en matière d'énergie vers l'horizon 2000 sont les suivants:

- Mise en valeur des sources hydroénergétiques à bon marché et renouvelables de façon à remplacer les usines thermiques qui dépendent de l'importation du carburant;
- Accroissement de la production vivrière au moyen d'irrigation nécessitant l'énergie pour pompage;
- Mise en valeur d'industries à petite échelle par l'intermédiaire de l'électrification rurale;

- Mise en valeur des sources minières de la région en fournissant à ce secteur de l'énergie à des prix raisonnables.

3.2. Projets

Pour faire face à la demande d'énergie à l'horizon 2000 les sites suivants sont proposés.

Tableau II: Sites pour l'an 2000

N°	Site	Puissances	Energie garantie GWH/an	Coût	Début de Production
1	Rusumo Falls	80	270	130	1988
2	Kakono	53	126	65	1989
3	Gitega	25	117	54	1990
4	Kishandu	207	500	181	1992
5	Nyabarongo	12,6	88,3	24,3	1996
6	Mumwendo	30	157	83,5	1997
7	Rukarara	6,4	23,5	10	1998
8	Murongwe	11	47,3	24,4	1999
		425	1329,5	572,2	

Le tableau II montre qu'à l'horizon 2000 en exploitant les sites proposés on produira 425 MW soit 1329,1 GWH/an ce qui est suffisant pour éliminer le déficit qui est de 1322,8 GWH/an.

En dehors des aménagements hydro-électriques à grande échelle il faudra planifier les minicentrales pour faire face à des demandes énergétiques dans des centres isolés et centres ruraux. Il est recommandé d'interconnecter les minicentrales au réseau des aménagements hydroélectrique à grande échelle là où c'est possible en tenant compte de la distance de transport d'énergie qui par endroits sera excessive.

3.3. Réseaux de Transport d'Énergie

Tableau III: Trançons Principaux de Réseaux de Transport d'énergie

TRONCON	TENSION	LONGUEUR	COUT (\$ x 10 ⁶)
BURUNDI			
Rusumo-Gitega-Bujumbura	150	220	25,17
RWANDA			
Rusumo-Kirundo-Rwinkwavu-Kigali	110	108	5,06
TANZANIA			
Rusumo-Mwanza-Rwinkwavu-Kigali	220 110	300 108	44,57 5,06
TANZANIA			
Rusumo-Mwanza	220	300	44,57
Rusumo-Kyaka	132	150	15,07
Kyaka-Bukoba	33	50	3,37
		828	93,24

Chapitre IV : Projets Spécifiques

Dans ce chapitre, il nous a semblé utile de donner quelques renseignements utiles sur les projets hydroélectriques sur la Rivière KAGERA.

Tableau IV: Projets Hydroélectriques sur la Rivière Kagera

SITE	CAPACITE MW	ENERGIE	COUT Million \$
RUSUMO	80	270	130
KISHANDA	207	500	181
KARONO	53	126	65
	340	896	376

4.1. Barrage de Rusumo

Les études de pré-factibilité ont été terminées en 1976 par NORCONSULT avec un financement du PNUD.

Les études de factibilité ont été effectuées en 1979 par la même société avec un financement Belge.

Trois options ont été proposées par le bureau d'étude aux côtés 1325, 1335 et 1345. Les chefs d'Etats des Pays membres de l'OBK ont décidé que le barrage serait construit à la côte 1325 pour minimiser les inondations en amont de la vallée de Rusumo.

Caractéristiques principales du projet :

- Emplacement - Sur la rivière Kagera à 2 Km à l'aval du confluent
Sur la rivière Ruvubu
- Hydrologie - Débit moyen: 189 m³/sec.
Crue de fréquence 1/100 - 1025 m³/sec.
Débit de crue retenu - 300 m³/sec.
- Barrage - du type gravite en béton armé avec une crête à la
côte 1331
- Centrale - Trois turbines francis avec une capacité installée
de 80 MW capable de produire 270 GWH/an.
- Reservoir - Le reservoir occupera 390 km² au niveau normal
d'opération à la côte 1325
- Coût estimé - 130.000.000 \$

4.2. Barrage de Kishanda

Stade : préfactibilité par NORCONSULT - 1976

Le projet de la vallée de Kishanda est un aménagement comprenant une dérivation des eaux de la Kagera à travers le lac RUSHWA et la vallée de Kishanda. Les eaux sont restituées à la rivière Kagera après avoir été turbinées à la centrale.

Caractéristiques principales du Projet :

- Réservoir de Kagera - une structure de faible élévation munie
de vannes au travers de la rivière Kagera
- Niveau d'opération - 1284
- Dérivation du lac RUSHWA - un canal à style ouvert de 3 km de
long avec un débit de 200m³/sec reliant
la branche nord du lac Rushwa avec la
vallée de Kishanda.
- Barrage de Munongo - une digue en terre et en rechement dans
la partie aval de la vallée de Kishanda.
- Réservoir de Kishanda- s'étend sur 60 km en amont, superficie
115 km² volume 1,2 milliards de m³.
- Prise d'eau et tunnel de fuite de Bugara - un canal à style
ouvert de 6 KM de long et un tunnel sous
pression long de 6,5 km.
- Centrale Hydroélectrique de Bugara - Il s'agit d'une centrale
hydroélectrique souterraine avec un débit
équipé de 200 m³/sec et une capacité
installée de 207 MW produisant 500 GWH par an.

Hydrologie - débit moyen de la Kagera 187 m³/sec.
débit pris en compte par le projet :
- prise d'eau et centrale 200 m³/sec
- réservoir et dérivation 900 m³/sec
Coût - 181.000.000 \$ U.S.-

4.3. Aménagement hydroélectrique de Kakono

Stade pré-factibilité- NORCONSULT 1976

Le site du barrage de Kakono est située à l'origine de la gorge découpée par la rivière Kagera à l'Est de KAGITUMBA.

Ce barrage présente un potentiel pour une mise en valeur à fins multiples (Électricité, irrigation).

Caractéristiques :

Barrage - du type gravité en béton à la cote hauteur 1.185 hauteur maximum 40m

Travaux de dérivation : par un batardeau amont dans deux tunnels de 400 m de long sous la rive gauche

Deversoir - un deversoir en saut de ski sera construit sur la rive gauche et fera partie intégrante de l'ouvrage en béton.

Centrale - la centrale sera située sur l'éperon du Barrage sur la rive droite, la capacité est de 53 MW et sa productivité est de 126 GWh/an.

Coût - 65.000.000 \$

Conclusions

1. La mise en valeur des projets hydro-électriques proposés fournira l'énergie requise et par conséquent réduira la dépendance des usines thermiques dans le Bassin.
Il en résultera une réduction des dépenses d'importation de carburant économisant ainsi des devises qui seraient injectées dans d'autres secteurs de développement notamment dans l'industrialisation;
2. La disponibilité de l'énergie à des prix raisonnables améliorera le bien-être de la population du bassin par la création d'opportunités propres à élever le niveau général socio-économique;
3. L'auto-suffisance alimentaire sera accrue par une agriculture irriguée;
4. Le secteur minier disposera de l'énergie à bon marché et ce secteur pourra se développer davantage;

5. Parallèlement aux projets d'aménagements à grande échelle, il faudra penser à planifier les mini-centrales qui seront plus tard des réserves pouvant être reliées au réseau interconnecté.
6. A court terme, les ressources énergétiques traditionnelles sont à sauvegarder (reforestation) aussi étant donné la grande part du bois dans la production énergétique du bassin (90% il faudra que les études sur les foyers améliorés pour l'énergie consommée en milieu rural soient poursuivies.
7. Il faudra tenir compte des effets de toutes les installations énergétiques sur l'environnement.

BIBLIOGRAPHIE

1. Programme de Développement du Bassin de la Kagera
Rapport Final Volume 3 ENERGIE 1982
 2. Etude du Secteur Energétique au Rwanda
BUNEP - EPEL, 1981
 3. Rwanda : Issues and options in the Energie Sector
Banque Mondiale 1982
 4. Hydropower Development of RUSUMO-Falls
Tractionel-Electrobel 1979
 5. Amenagement Hydroélectriques de Rusumo,
Kishanda et Kakono - Etudes de NORCONSULT
ELECTROWATT.
-

LES PRINCIPAUX PROBLEMES AFFECTANT L'ENVIRONNEMENT
ET LES IMPACTES MESOLOGIQUES LIES A LA MISE EN
VALEUR DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN
DE LA RIVIERE AKAGERA

Par BUNANE Charles
Aménagiste/Ecologiste
O.R.K.

A. Les problèmes mésologiques les plus principaux

Le Burundi, le Rwanda, la Tanzanie et l'Uganda, pays riverains du bassin de la rivière Akagera, présentent des conditions socio-économiques particulièrement alarmantes. Ils enregistrent une densité élevée de la population (plus de 105 hab/km²), se contentent d'une production alimentaire stagnante difficilement les balances de paiement et crises fiscales, toutes étant les contraintes internes et externes qui affectent l'économie de subsistance de ces pays. En outre, ceux-ci sont enclavés et leurs réseaux de transports, peu développés.

Aussi, le Séminaire sur les Apports des Energies Renouvelables à la Gestion de l'Énergie et de l'Environnement au Rwanda devrait tenir compte des problèmes d'ensemble au niveau macro-régional pour proposer aux pays du bassin de prendre immédiatement des mesures adéquates au redressement de la situation socio-économique et pour éviter des conséquences irréversibles qui pourraient pourquoi pas conduire à une plus grande pression démographique. Celle-ci s'exercerait donc sur les terres dont la fertilité a remarquablement baissé et la réduction du produit intérieur brut de ces pays n'attendrait pas longtemps pour déplaire les populations en majorité suffisamment pauvres.

Il va de soi que chaque pays du bassin ressent ces problèmes de sa façon compte tenu des moyens, des programmes et des politiques pas toujours identiques. Mais aux vues générales, beaucoup des problèmes qui vont être évoqués sont les mêmes dans les quatre pays. Il ne sera question de les attribuer à tel pays, telle autre région que s'ils y sont plus ressentis qu'ailleurs.

1. Le BURUNDI

Le territoire burundais déplore beaucoup l'érosion et la diminution de la fertilité des sols. Le déboisement y reste un problème réel. A défaut de reboisement, l'érosion du sol deviendrait un phénomène irréversible, la production alimentaire se réduirait.

Aussi le Burundi compte couvrir de forêts 20% de sa superficie, un programme forestier y relatif est déjà mis sur pied. Un projet belge de 2000 hectares, dans la région de Gisozi, est un bon exemple de ce type de projets qui contribuent à cet objectif. On prévoit de l'étendre dans une phase ultérieure, à une tranche supplémentaire de 10.000 ha. Un autre projet, dans la plaine de la Ruzizi, s'étend sur 3.000 ha.

Ce problème est d'actualité au Burundi. En mars 1982, s'est tenu à Bujumbura, sous l'égide de la Banque Mondiale, un Séminaire sur les problèmes forestiers. Suivant le concept de l'agroforesterie, il faut, lorsqu'on considère l'agriculture, prendre simultanément en compte la forêt et l'élevage.

Le second problème, cause en fait des précédents, est la croissance démographique dont le taux est voisin de 2,8%. Compte tenu du manque des terres disponibles, il est difficile de réaliser l'auto-suffisance alimentaire, même pour la population actuelle, aussi devient-il de plus en plus nécessaire d'utiliser des marais et les fonds de vallées. La pression sur ce type de terre est bien visible, comme par exemple dans la région de Kayanza. L'intensification de l'agriculture s'impose, et implique la fabrication et l'utilisation de compost, la stabulation et la production fourragère.

Le problème du manque de bois de feu doit être réglé grâce à des programmes de reboisement visant spécifiquement l'approvisionnement en bois de la population et à la poursuite d'autres programmes énergétiques.

2. Le RWANDA

Aujourd'hui, le taux de natalité élevé (\pm 60‰ sur la crête et le plateau central), allant de pair avec la réduction de la mortalité (25‰) conduit à un taux d'accroissement démographique proche de 4%. A ce rythme, la population fera plus que doubler d'ici l'an 2.000, pouvant atteindre 10 millions d'habitants.

Cette situation occasionne de jour en jour de sérieux problèmes météorologiques ainsi que des déséquilibres sociaux. La superficie agricole disponible (54% du territoire) en moyenne par habitant des régions rurales (95% de la population) a baissé jusqu'à 0,30 ha (une des plus faibles proportions du monde) et elle continue à diminuer chaque année. Cela signifie qu'il est de plus en plus difficile d'obtenir le plein emploi dans le secteur agricole.

La pression humaine incontrôlée qui s'exerce sur les éco-systèmes menace sans cesse les équilibres écologiques et est à l'origine de successions écologiques appauvries. On observe une diminution de diversité des espèces, en particulier des grands mammifères et des plantes utiles, ainsi qu'une faible productivité globale des éco-systèmes. Or le Rwanda se trouve confronté avec la difficile tâche d'avoir à doubler sa production agricole au cours des 20 prochaines années s'il veut répondre aux besoins alimentaires des 10 millions de personnes prévues, et diversifier sa production de façon à disposer de produits d'exportation pour financer le développement de secteurs non-agricoles.

Enfin, les sols du Rwanda, tout en permettant une culture extensive avec de longues jachères, sont extrêmement fragiles. Ils sont pauvres en minéraux, leur capacité d'échange pour le phosphore est faible, et ils sont susceptibles à une dessiccation irréversible. La destruction des sols par l'érosion est visible partout; il n'est pas rare d'observer des petits champs installés sur des pentes de plus de 100%.

3. La TANZANIE

Les problèmes mésologiques les plus critiques que l'on peut observer en Tanzanie sont l'érosion du sol, la déforestation et la pollution.

L'érosion du sol et la baisse de sa fertilité s'observent dans de nombreuses régions. Elles sont les conséquences directes des pratiques agricoles inappropriées, de la surexploitation, de la déforestation, du surpâturage, des phénomènes érosifs. L'érosion pluviale et éolienne, l'érosion en nappe et le ravinement n'y sont pas les moins remarquables.

Quant à la déforestation, elle a déjà lancé le cri d'alarme. En effet, les régions productrices de bois connaissent un déficit qui atteint à présent 50% de la demande totale. Le bois sert surtout comme bois de feu, mais également pour la production de charbon de bois, de poteaux et de matériaux de construction.

L'agriculture itinérante, les feux de forêt, le traitement du tabac et la cuisson des briques contribuent aussi, dans une large mesure, à la destruction du couvert forestier, entraînant une baisse de la fertilité du sol et son érosion, et des changements biologiques allant dans le sens d'une "banalisation" écologique, caractérisée par des alternances d'inondations et de pénuries d'eau, et des modifications climatiques.

Enfin, comme pollution, la contamination organique et biologique de l'eau, des sols et des aliments, résultant d'une élimination inadéquate des déchets d'origine humaine et domestique, crée des problèmes sanitaires aigus, tant dans certains centres urbains, caractérisés par une urbanisation anarchique, que dans les régions rurales où l'approvisionnement en eau potable n'est pas toujours assuré. "La malaria d'origine anthropique" s'observe à la suite de travaux de génie civil inappropriés (creusement de tous le long des routes), de digues et de projets d'irrigation, de culture de riz ou de plantations de cannes à sucre.

4. L'UGANDA

Pour plus de 90% de la population de l'Uganda, l'agriculture est principalement source de revenu. L'Uganda a été traditionnellement auto-suffisant sur le plan alimentaire et exportateur de café, coton, thé et, dans certaines années, de sucre et de tabac. Mais les exportations sont tombées de 350.000 t, vers la fin des années 1960, à moins de 120.000 t en 1980.

Le nombre de têtes de bétail, dans le secteur traditionnel qui intervient pour plus de 90% du cheptel national, a augmenté durant la plus grande partie de la décennie 1970. Une rupture dans les services de santé animale survint ensuite, marquée par une rareté croissante de médicaments et de vaccins. Les programmes de bains ont été abandonnés, et le personnel vétérinaire a été dans l'impossibilité de poursuivre le contrôle des maladies, par suite de problèmes de transport. Douze mille têtes de bovins et de petit bétail meurent tous les mois de la trypanosomiase, de l'"east coast fever", de la peste bovine et de la péripneumonie.

L'Uganda compte quelque 1,5 millions d'ha de forêts, dont 29.000 ha sont des reboisement, le restant étant naturel. Durant les années 70, alors que les fonds devinrent progressivement insuffisants pour poursuivre les programmes de conservation et de plantation, les services forestiers périclitèrent. Une moyenne de 1.000 ha étaient reboisés annuellement, alors que l'objectif était de 5.000. Les empiètements sur la forêt et les coupes illégales augmentèrent de façon marquée durant la décennie 1970. Les taux d'extraction annuels, dans le cas des forêts naturelles, chutèrent des trois quarts, atteignant 50.000 m³ de bois rond, par suite du ralentissement de l'activité économique et de l'état des crieries qui devinrent bientôt irréparables. Les derniers inventaires exhaustifs remontent au début des années 50.

La faune sauvage a toujours été la pierre de l'industrie touristique ugandaise, actuellement moribonde. L'Uganda a trois parcs nationaux remarquables qui constituaient auparavant d'importants centres pour un tourisme en expansion. Le braconnage a malheureusement fait payer un lourd tribut à la faune sauvage; c'est ainsi que la population d'éléphants, qui dépassait les 12.000 têtes au début des années 1970, est actuellement de l'ordre de 1.500. Le manque de pièces de rechange et de remplacement de la machinerie, joint à une insuffisance générale de fonds pour l'entretien ont entraîné une détérioration sérieusement de l'infrastructure des parcs.

Le bois est la troisième source d'énergie en Uganda, après l'hydro-électricité et l'huile. Suivant certaines estimations, 90% de tout le bois coupé serait consommé sous forme de charbon ou de bois de feu, ne laissant que 4% comme bois de sciage. Certaines industries importantes continuent d'utiliser le charbon de bois, et beaucoup d'entre elles exigent un charbon de haute qualité dont la disponibilité en Uganda est réduite.

Les services de santé sont un point faible dans l'organisation sociale du pays; ils ont beaucoup souffert au cours des dix dernières années. Les principaux problèmes résultant de la détérioration généralisée des hôpitaux et centres de santé, par suite du manque d'entretien, des défaillances dans les réseaux d'égouts et les systèmes électriques, et des graves pénuries d'équipement et de médicaments. A mesure que se dégradèrent les services de santé, se détériorait l'état de santé général de la population.

Cela tient essentiellement à la baisse du niveau nutritionnel, et en particulier aux déficiences protéiques. En conséquence,

les maladies ont augmenté, en même temps que diminuait la capacité du personnel médical à donner les traitements. La malaria reste la principale maladie, suivie par les affections intestinales, les maladies parasitaires, comme celles à nématodes et à vers plats, suivies par la rougeole, les atteintes des voies respiratoires, comme la tuberculose, la bronchite et la pneumonie. Il n'y a pas de statistiques à jour, mais les rapports des travailleurs de la santé font état pour l'ensemble du pays d'une augmentation de la mortalité due à ces maladies, depuis dix ans, surtout chez les enfants.

Aussi l'Organisation pour l'Aménagement et le Développement du Bassin de la Rivière Akagera est appelée à contribuer sinon à procéder au redressement de la situation dans tout le bassin. Ses objectifs sont donc de maximaliser la production alimentaire par l'intensification de l'agriculture et par le développement de l'irrigation, de déclencher un développement socio-économique en améliorant le transport et la production d'énergie, en promouvant des industries locales mettant en valeur la production agricole primaire, le tout sans porter aucun tort ou du moins en essayant de réduire tous les torts qu'il est possible de causer à l'environnement.

B. Les impacts mésologiques liées à la mise en valeur de ressources en eau dans le bassin de la rivière Akagera.

La mise en valeur des eaux du bassin versant de l'Akagera aux fins socio-économiques se traduira en une artificialisation du milieu naturel qui rompra les équilibres naturels des éco-systèmes, c'est-à-dire l'équilibre population-biotope. La préoccupation majeure de l'ORK se veut donc être l'exploitation au maximum des ressources naturelles sans pour autant mettre en péril, comme il est déjà souligné plus haut, les générations futures par une perturbation inconsidérée de l'environnement; dans la mesure du possible, on minimisera les effets négatifs de projets qui auront été réalisés par l'utilisation de techniques appropriées et un choix judicieux de l'implantation des ouvrages qui auront été conçus d'avance.

Les impacts négatifs sur l'environnement se traduiront par les limitations de l'utilisation future des ressources naturelles et par des coûts pour la société. Les secteurs susceptibles d'être touchés par les aménagements sont: la santé humaine, l'écologie tant terrestre qu'aquatique, l'habitat, l'utilisation des sols et des eaux, la biodynamique animale et végétale.

1. Le Barrage du Rusumo

Le niveau maximal de la retenue du barrage de Rusumo a été définitivement arrêté à la cote 1325 au-dessus du niveau de la mer. La retenue créée derrière le barrage couvrira une étendue de 39.027 ha. Le niveau 1325 ne submergera que 412 ha de terres hautes agricoles (terres de culture, pâturages et boisements) et 21.573 ha

de terres basses comprises entre le lac Rugwero à l'amont, et les chutes de Rusumo. La submersion de la vallée de la Nyabarongo atteindra le lac Rugwero (1324) mais ne remontera pas au-delà du resserrement de la vallée à la hauteur de Sharita-Kuwitala.

La création du réservoir causera un changement dans l'habitat tant aquatique que terrestre dû à la stratification qui pourra constituer un piège de nutriments. Dans la mesure où l'eau du plan d'eau artificielle se stratifie, il risque d'y avoir des pertes importantes dans la vie aquatique, pertes dues à une dégradation lente de matières organiques, un dégagement d'ammoniaque et de nitrites très nocifs.

La pollution thermique est certes possible mais elle sera probablement limitée, étant donné que la distance parcourue par les eaux rejetées de la centrale aura le temps de revenir à la normale (20-21°).

La principale modification sera une uniformisation physicochimique et une augmentation de la profondeur. Et en ce qui concerne le peuplement ornithologique, les espèces associées à l'environnement du type marécageux disparaîtront au profit des espèces accoutumées aux surfaces d'eaux ouvertes, suite à un accroissement d'espace d'eau libre. Aussi la végétation aquatique se développera sur la périphérie du réservoir et pourra être contrôlée dans une certaine mesure par les fluctuations du niveau d'eau dans le lac artificiel.

La cote 1325 retenue semble cependant minimiser les effets négatifs de changement du milieu et, au demeurant des études approfondies devront être poursuivies car des observations brèves et voire hâtives ne peuvent donner une réponse définitive à des phénomènes qui, quelquefois, sont affaire de plusieurs générations de savants et de naturalistes chevronnés.

La population qui sera séplacée est évaluée à 2.755 dont 2.220 au Rwanda et 535 au Burundi, soit 444 et 107 exploitations familiales, respectivement. La planification du recasement est attendue.

Les écologistes qui se sont occupés du problème sont arrivés à la conclusion que les effets à l'aval de la construction du barrage à Rusumo sont moins évidents qu'à l'amont, étant donné le système complexe constitué de marais, lacs et rivière, elle-même. Il est donc difficile de prévoir à l'avance ce qui se passera.

Les projets du déversoir de la Kagera et du Réservoir de Kishanda auront un impact marqué sur les niveaux d'eau dans le Parc National de l'Akagera, mais tout dépend du niveau d'opération. Entre le lac Rushwa et le déversoir de la Kagera les marais à papyrus seront remplacés par une nappe d'eau stagnante, du moins durant les périodes de crues. Il en résultera un changement du biotope et des écosystèmes.

Bref, à l'aval du déversoir, le débit de la rivière risque de diminuer sérieusement durant une bonne partie de l'année, ce qui aura pour effet le changement de la végétation riveraine.

Les experts estiment que ces changements pourraient se produire jusqu'à la confluence de la rivière Kagitumba dont les apports sont par ailleurs très faibles.

Enfin, il ne semble pas que les aménagements proposés tant à Rusumo qu'à Kishanda puissent provoquer des changements significatifs sur le régime du lac Victoria.

En ce qui concerne l'agriculture les contraintes les plus marquantes sont : la pression démographique dans certaines zones du bassin, la menace de l'érosion, les feux de brousse et/ou la destruction de la végétation naturelle, l'amenuisement de la jachère, l'insuffisance de l'épargne en milieu rural, l'équipement inadéquat et l'insuffisance des cadres de vulgarisation.

Actuellement, l'utilisation d'engrais minéraux et de pesticides n'est pas très répandue pour qu'elle constitue une menace de pollution de l'environnement. Néanmoins, des précautions devront être prises lorsque l'on voudra introduire les produits chimiques en grande quantité afin d'éviter l'intoxication des sols, la contamination des eaux potables ou l'habitat des poissons.

L'accroissement de l'habitat aquatique par la création de réservoirs et la pratique des irrigations favorisera les conditions de multiplication des agents hôtes et des vecteurs de maladies. Dans le cas d'eaux stagnantes, le danger potentiel est grand, en particulier dans les projets d'irrigation, pour la schistosomiase urinaire qui est transmise par un mollusque aquatique par le trématode, *Schistosoma haematobium* qui entre dans le sang humain à travers la peau. Il en est de même pour la *Schistosoma mansoni* dont les hôtes intermédiaires sont les mollusques *Biomphalaria* et *Australorbis*.

La malaria est hyperendémique dans les bas-fonds des vallées et mosoendémique sur les hautes terres dans les régions du bassin. La schistosomiase est très fortement endémique dans la région ouest du lac Victoria, en Tanzanie. Le programme de lutte contre la malaria et la schistosomiase devra être développé pour atténuer leur impact.

La présence des mouches tsé-tsé dans quelques régions du bassin est une contrainte et potentielle au développement requis par le barrage. Les zones principalement intéressées sont le Parc National de l'Akagera, une petite zone à l'Ouest du lac Victoria. Les conséquences sur l'environnement du programme de contrôle doivent être minimales si des insecticides recommandés sont utilisés sous la supervision d'un expert.

Si la charge sur les terres continue à cause de l'accroissement de la population, et si le développement régional conduit la population à habiter ces régions infestées, alors un programme de contrôle est justifié.

2. Mesures atténuantes recommandées

- La nécessité de la mise en oeuvre de pratiques de construction qui minimisent l'érosion (à proposer).

- Couper les arbres avant l'inondation. Développer des programmes de reboisement sur d'autres terres.
- Capturer et sauver les grands animaux pendant le remplissage du réservoir.
- Maintenir les lachures minimums au cours de la période de remplissage.
Débit suggéré de 1000 m³/s.
- Provision d'éducation publique en matière de sanitation au moyen d'agents sanitaires ruraux.
- Programme de recasement des populations avec le conseil de sociologues.
Provision de services pour minimiser les difficultés transitoires.
- Planifier les activités de construction pour provoquer un conflit minimal avec les activités agricoles. Recruter, pour le développement industriel, les ouvriers employés localement.
- Mettre au point des programmes de formation pour la main d'oeuvre manuelle. Utiliser des professionnels de contrepartie quand c'est possible.
- Contrôle des gouvernements sur les activités induites locales pour la construction des sites.

CONCLUSION

Beaucoup de problèmes mésologiques existent dans le bassin de la rivière Akagera. Il est donc important pour l'OBK de pouvoir participer au Séminaire sur les Apports des Energies Renouvelables à la Gestion de l'Energie et de l'Environnement au Rwanda, de pouvoir donc fournir des informations adéquates sur l'Energie dans son plan d'action (cfr. SIBORUREMA Jôram, Ingénieur Civil) et sur l'état de l'environnement du bassin quant à ses principaux problèmes. L'OBK ne manquerait pas de poser le problème des impacts de ses projets sur cet environnement déjà mal connu, mais qu'il faut développer et protéger.

L'OBK entend par développement "la modification de la biosphère et l'emploi de ressources humaines, financières, vivantes et non-vivantes pour satisfaire les besoins humains et améliorer la qualité de leur vie. Pour assurer la pérennité du développement, il faut tenir compte des facteurs sociaux et écologiques, aussi bien que des facteurs économiques, des ressources de base, vivantes et non-vivantes, et des avantages et désavantages, à court et à long terme, des solutions alternatives". (cfr. définition de l'IUCN - UNEP - WWF).

Pour que le développement soit couronné de succès, il faut dans cet esprit, qu'il adopte une approche interdisciplinaire, prenant en compte les différents secteurs (ressources naturelles, éducation, santé, communications, etc...) impliqués, et qu'il soit le résultat d'un processus de planification de l'environnement.

Quant à la conservation ou protection, nous admettons la définition suivante : " gestion de l'utilisation de la biosphère de manière à ce qu'elle puisse fournir, sur une base soutenue, le maximum de bénéfices pour les générations présentes, tout en maintenant le potentiel en vue de satisfaire les besoins et aspirations des générations à venir. La conservation est une positive qui embrasse la préservation, l'entretien, l'utilisation durable, la restauration et l'amélioration de l'environnement naturel". (cfr. idem)

La conservation des ressources vivantes porte sur les végétaux, les animaux et les micro-organismes ainsi que sur les éléments abiotiques de l'environnement dont ils dépendent.

On peut développer sans détruire, mais il faut savoir reconstruire en même temps. Si l'OBK réfléchit sur les impacts de ses projets sur l'environnement, elle ne manque pas de prévoir des mesures atténuantes disponibles. En effet, les ressources vivantes ont deux importantes propriétés dont la combinaison les distingue des ressources abiotiques : elles sont renouvelables, si elles sont conservées; elles sont destructibles, si elles ne le sont pas.

BIBLIOGRAPHIE

1. Programme de Développement du Bassin de la Kagera, Rapport Final, volume 5 OBK-PNUD, Février 1982.
2. Workshop on Water quality and pollution control in the lake Victoria basin, Kisumu, Kenya, 25th July - 7th August 1982 - Final Report.
3. Séminaire National sur l'Éducation et la Formation en matière d'Environnement, Kigali, du 29 août au 4 septembre 1982
Rapport Final - MINEPRISEC.
4. Stratégie mondiale de la conservation
UICN - PNUE - WWF - 1980
5. Séminaire Forestier, 18 au 22 janvier 1982, ISABU, Direction Générale, B.P. 795 Bujumbura, Burundi.
6. BUNANE Charles : Le Rôle du Parc National de la Kagera dans l'Économie Régionale. Rapport de stage - DESS-Aménagement, Université Lyon 11, 1981.

99

L'E.G.L. ET SES ACTIVITES DANS LE DOMAINE DES ENERGIES NOUVELLES ET RENOUVELABLES

Par MUPENDA Frédéric et
KIZOZO MUSHIBI Bin Famba
E.G.L., BUJUMBURA.

C'est un grand honneur pour la Communauté Economique des Pays des Grands Lacs, en général, et en particulier l'E.G.L. Organisme Spécialisé de cette même Communauté, auquel est confié tout le secteur énergétique de participer à cette importante manifestation scientifique. Aussi voudrions-nous, pour commencer, adresser nos vifs remerciements à l'Université Nationale du Rwanda pour nous avoir associé aux travaux de ce Séminaire sur les "Apports des Energies Renouvelables à la Gestion de l'Energie et de l'environnement au Rwanda".

L'énergie joue un rôle très important, car elle est, comme chacun le sait, l'un des moyens pouvant permettre entre autres, la modernisation de l'agriculture, la réalisation de l'industrialisation et l'amélioration des conditions de vie des populations.

La croissance soutenue de la demande énergétique dans le monde, le renchérissement des produits pétroliers et le caractère précaire des ressources énergétiques classiques ont, comme chacun le sait, stimulé largement la recherche de nouvelles sources d'énergie dont celle de la biomasse qui sont parmi les plus prometteuses et à la mesure des moyens réduits dont disposent les pays en développement.

Avant de vous parler de l'E.G.L. dans le domaine des énergies nouvelles et renouvelables qui est le sujet de notre exposé, permettez-nous, Distingués invités, Honorables Délégués. Mesdames, Messieurs, de situer notre Organisation à l'intention de ceux, les moins nombreux parmi vous, nous l'espérons, qui ne la connaissent pas encore.

L'E.G.L. - a.s.b.l. pour l'Electrification de la Région des Grands Lacs (Burundi-Rwanda-Zaire) a été créée par la volonté des plus hautes autorités de nos trois pays en vue de renforcer leur coopération dans le domaine de l'énergie électrique et notamment par l'aménagement des centrales hydroélectrique sur la rivière Ruzizi.

En effet, le 24 août 1974, fut signé à Kinshasa, la Convention portant création de l'a.s.b.l.- E.G.L.- Le fonctionnement effectif de l'Organisation commença le 15 janvier 1977 avec la mise en place du personnel et de la logistique.

Mais entre temps, les Chefs d'Etats des trois pays frères venaient de signer le 20 septembre 1976, la convention portant création de la Communauté Economique des Pays des Grands Lacs

-CEPGL- ayant comme objectifs entre autres de "Coopérer de façon étroite dans tous les domaines et notamment, dans celui de l'Energie.

L'objectif de l'E.G.L. étant en quelque sorte la concrétisation de l'un des objectifs de la Communauté à savoir la coopération dans le secteur énergétique, les Chefs d'Etat ont décidé, lors de leur Conférence au Sommet de Lubumbashi, les 8 et 9 décembre 1979, d'une part, d'intégrer l'E.G.L. au sein de la CEPGL en tant qu'Organisme Spécialisé jouissant de l'autonomie administrative, technique, et d'autre part, d'étendre son domaine d'activités à tout le secteur énergétique de la Communauté.

L'a.s.b.l. pour l'Electrification de la Région des Grands Lacs est devenue ainsi E.G.L.- Organisation de la CEPGL pour l'Energie des Pays des Grands Lacs, ayant son siège à Bujumbura, en République du Burundi.

L'E.G.L. comprend essentiellement les organes ci-après:

- L'Assemblée Générale qui est, après la Conférence des Chefs d'Etat de la Communauté, l'organe suprême auquel sont confiés tous les pouvoirs autres que :
- le règlement de tout litige non tranché par l'Assemblée Générale.
- la décision du transfert du Siège
- la dissolution de l'organisation

Elle est composée des Ministres et Commissaire d'Etat des trois pays, ayant l'Energie dans leurs attributions.

- Le Comité de Gestion qui assure la gestion journalière de l'Organisation, comprend un Directeur Général assisté de deux Directeurs ressortissants chacun d'un Etat membre. Le personnel oeuvrant au sein de l'Organisation comprend des cadres supérieurs détachés de corps des fonctionnaires des Etats membres et des agents engagés localement. Les fonctionnaires détachés par les Etats sont pour la plupart des techniciens spécialisés dans les différentes branches de l'énergie.

Le rôle à jouer par l'E.G.L. dans le cadre des projets énergétiques de la Région dépend de ce que ces derniers sont nationaux, communs ou communautaires.

Pour les projets nationaux, l'Organisation prend des informations utiles et suffisantes y relatives, informe et conseille éventuellement les pays membres de la Communauté afin de leur permettre d'harmoniser les politiques d'exploitation de leurs ressources nationales d'énergie dans le contexte de la Communauté.

Les lettres de commande ont déjà été adressées aux entreprises attributaires du marché retenues par l'Administration suite à l'appel d'offres restreint qui avait été lancé auprès de neuf entreprises de quatre nationalités différentes.

Au Rwanda, les gazogènes seront implantés au projet pyrèthre à Ruhengeri et au projet agro-pastoral de Nyabisindu.

Pour ce qui est du projet à Ruhengeri, la tourbe sera utilisée comme matière première pour le fonctionnement du gazogène qui sera couplé au groupe électrogène existant, ce qui permettra une économie sur l'achat du fuel.

A Nyabisindu, la gazogène qui y sera installé utilisera comme matière première de la bagasse provenant de la minisucrerie de la coopération technique allemande.

PROJET BIOGAZ

En principe, tout produit d'origine biologique peut être utilisé pour la production d'un gaz combustible, communément appelé "biogaz" et qui contient 55 à 70 % de méthane et 25 à 40% de gaz carbonique.

Les sources idéales consistent dans les excréments animaux et humains ainsi que dans les déchets humides de plantes vivrières, des végétaux aquatiques spécialement cultivés à cet effet.

Pour son programme, l'E.G.L. s'est tourné vers le procédé dit "discontinu" qui présente l'avantage de consommer peu d'eau tout en fournissant, en plus du biogaz un compost intéressant. En plus, il ne demande qu'une installation rustique de coût modéré.

En collaboration avec les centres universitaires de chacun des trois pays membres, la CRUEA (Centre de Recherches pour l'Utilisation des Energies Alternatives) à Bujumbura, le CEAER (Centre d'Etudes et d'Applications de l'Energie au Rwanda) à Butare,

Pour les projets communs et/ou communautaires, l'Organisation est le promoteur et le réalisateur des études ainsi que le responsable de l'exécution de ces projets dont elle assure la maîtrise d'oeuvre.

Par délégation de pouvoir spéciaux lui conférés par les Etats, l'Organisation peut également assurer la maîtrise d'ouvrage de certains projets pendant leur réalisation et éventuellement l'exploitation des ouvrages spécifiques suivant les conditions à déterminer.

En ce qui concerne les activités de l'E.G.L., elles se répartissent comme suit :

1. Energies des Sources classiques et des Sources non Renouvelables

- Deuxième centrale hydroélectrique dite Ruzizi II
- Charbon
- Hydrocarbures et Schistes bitumineux
- Gaz méthane

2. Problème techniques généraux relatifs à l'Energie

- Harmonisation des Politiques Energétiques des Pays de la CEPGL
- Réglementation en matière d'exploitation énergétique,
- etc...

3. Energies des sources nouvelles et renouvelables.

- Combustibles lignaux (bois, charbon de bois, déchets végétaux, etc...)
- Tourbe
- Biogaz
- Gaz des gazogènes
- Energies solaire et éolienne
- Géothermie
- Carburants de substitution

Le projet Ruzizi II consiste en la construction d'une centrale hydroélectrique de 40 MW sur la rivière Ruzizi, à 15 km, en aval de la centrale de Bukavu. La rivière Ruzizi, longue de 135 km, deversoir naturel du lac Kivu dans le lac Tanganyika, constitue la frontière naturelle entre d'une part, le Zaïre et le Rwanda, et d'autre part entre le Zaïre et le Burundi. Le coût global de ce projet s'élève à 62 millions d'ECU (soit environ 6 milliards de RFW), le financement est déjà bouclé, les principaux bailleurs de fonds sont la BIRD, la FED, le Gouvernement Italien et les Etats membres de la CEPGL. Le début des travaux est prévu pour juin/juillet de cette année et la fin est prévue pour 1986.

Pour ce qui est du projet "Gaz méthane du lac Kivu", le programme comprend plusieurs sous-projets dont celui d'Etude expérimentale pour l'utilisation du gaz comprimé en vue de la propulsion automobile, financé par la FED pour un montant de 300.000 ECU (environ 285.000\$USA), et qui sera situé au Cap Rubona (actuelle station de captage du gaz appartenant à l'ELECTROGAZ près de GISENYI).

Pour l'exécution de ce projet, l'E.G.L. a reçu mandat de maîtrise d'oeuvre lors de la deuxième réunion de la Commission Technique Mixte Zaïre-Rwandaise sur le Gaz Méthane tenue en Juin 1982 à Kinshasa. Nous attendons le dossier d'appel d'offres préparé par les services des Communautés Européennes à Bruxelles avant de passer au démarrage effectif de ce projet.

Dans le cadre du projet harmonisation des politiques énergétiques, l'Organisation procède actuellement à l'inventaire des ressources énergétiques et à l'analyse de tous les problèmes relatifs à la production et au transport de toutes les formes d'énergie dans les Etats membres de la Communauté Economique des pays des Grands Lacs.

En même temps, elle étudie l'évolution prévisionnelle de développement de la consommation de l'énergie dans la région des Grands Lacs, en vue de rechercher les solutions permettant de pallier aux éventuelles ruptures des approvisionnements.

Dans le domaine spécifique d'énergie des sources nouvelles et renouvelables la biomasse intéresse particulièrement les pays membres de la CEPGL. En effet, elle constitue une source d'énergie renouvelable fournissant selon certaines estimations jusqu'à 15% des besoins énergétiques mondiaux équivalent à 20 millions de barils de pétrole par jour.

On ne peut cependant pas passer sous silence les autres sources d'énergies nouvelles et renouvelables dont les possibilités dans notre Région sont bien évidentes : géothermie, énergies solaire et éolienne, etc... mais notre exposé se limitera à celles qui interviennent directement dans le programme d'activités de l'E.G.L. et qui ont connu un début de réalisation concrète :

PROJET GAZOGENES

La gazéification, comme vous le savez, consiste en une oxydation partielle de la matière végétale principalement transformée en un gaz combustible à faible pouvoir calorifique (de 1200 à 1500 Kcal/m³)¹⁴

Le gaz ainsi obtenu, une fois refroidi, lavé et comprimé est alors utilisé pour alimenter directement un groupe diesel dual ou un moteur thermique à allumage électrique.

Le projet "GAZOGENES" est l'un des projets les plus avancés de l'E.G.L. Il constitue en outre, pour notre Organisation, une des priorités dans le domaine des énergies nouvelles et renouvelables.

Comme chacun le sait, les gazogènes ont connu un développement aussi rapide que temporaire durant la deuxième guerre mondiale. A cause du renchérissement des produits pétroliers, ils connaissent depuis un certain temps un regain d'intérêt tant en Europe que dans beaucoup de pays africains.

Pour l'E.G.L., en effet, l'étude de l'intégration en milieu rural des microcentrales à gazogènes devra conduire, à la généralisation de l'utilisation des gazogènes sur une grande échelle, aussi bien en nombre d'appareils à installer qu'en leurs puissances unitaires.

En effet, non seulement la matière première y est abondante mais aussi elle est facile à collecter. Il suffirait donc à cet effet d'installer les appareils à proximité d'industries agricoles, industries de bois, etc...

Par ailleurs, en cas de besoins et c'est cela l'action que l'E.G.L. compte mener avec l'IRAZ, il est possible d'adopter, comme matière, des cultures énergétiques à croissance rapide.

Le biais de l'E.G.L., le FED a mis à la disposition des pays membres de la CEPGL, un montant de 550.000 ECU destiné à financer l'étude de l'implantation des gazogènes utilisant des déchets agro-industriels, déchets d'industrie de bois, déchets de complexes agricoles, etc...

Le projet est fort avancé. En effet, en novembre 1980, le bureau d'étude "Organisation Néerlandaise pour la Recherche Scientifique appliquée (INO)" avait été retenu pour l'exécution du projet qui comporte trois phases :

- 1ère phase : Les prestations du Bureau d'Etudes pour la conception des installations à effectuer.
- 2ème phase : La fourniture, l'installation et l'exploitation des gazogènes sur base des recommandations de l'étude.
- 3ème phase : Les prestations du Bureau d'Etudes pour évaluer les résultats des expérimentations et pour tirer les conclusions pour la meilleure poursuite de l'expérience.

Conformément aux clauses du contrat signé avec le Bureau d'Etudes ce dernier avait en son temps effectué dans les trois pays membres, une mission en vue d'un inventaire des ressources disponibles et d'une identification des sites favorables à l'implantation des gazogènes.

C'est ainsi que six sites, à raison de deux par pays, ont été retenus pour l'expérimentation des gazogènes. Le CEETA (Centre d'Etude et d'Expérimentation des Technologies Appropriées) à Bukavu, l'E.G.L. procède depuis l'année passée à l'installation des unités expérimentales pour la production du biogaz.

En effet, lors de sa première session extraordinaire tenue à Gisenyi, les 28 et 29 janvier 1982, l'Assemblée Générale de l'E.G.L. a décidé de participer financièrement, pour un montant de 500.000 FRW, dans la réalisation du programme "biogaz" de chacun des centres universitaires ci-haut cités.

La collaboration ainsi préconisée par l'E.G.L. est entrée dans sa phase active. C'est ainsi qu'au Burundi, deux digesteurs de 600 litres chacun et deux de 200 litres viennent d'être montés avec la collaboration de la Faculté des Sciences, et plusieurs sortes de matières premières y seront expérimentées.

Au Zaïre, l'implantation d'un digesteur "type de ferme" de 12 m³ est déjà achevé et chargement en matière première est en cours.

Au Rwanda, la réalisation du projet consistera d'une part, en la remise en marche du digesteur de 4m³ construit par le CEAER et implanté à l'Ecole Technique Agricole de Butare et d'autre part en la construction d'un autre digesteur de grande capacité.

Quant aux modalités pratiques de réalisation du programme ci-haut cité, est en pourparles avec les centres en question en vue de définir les clauses d'un protocole d'accord devant régir cette collaboration.

PROJET ENERGIES SOLAIRE ET EOLIENNE

L'énergie solaire est une source d'énergie dont l'importance de plus en plus croissante n'est plus à souligner. Comme chacun le sait, cette énergie peut être captée pour satisfaire les multiples besoins.

L'énergie éolienne qui est une forme d'énergie solaire est des plus utiles dans les régions exposées et isolées.

La caractéristique principale de ces deux types d'énergies est leur irrégularité. Il faudrait donc connaître avec précision les gisements solaire et éolien avant de prétendre à une quelconque exploitation rationnelle.

C'est pour cette raison que l'E.G.L. s'est fixée comme programme immédiat, l'établissement d'une carte d'ensoleillement et d'une carte des vents.

Pour ce faire, l'E.G.L. avait sollicité et obtenu de la GTZ (Office Allemand de Coopération Technique) un financement destiné à couvrir l'achat du matériel et de l'équipement nécessaire à la collecte des données et à leur traitement.

En attendant de disposer de la carte d'ensoleillement, l'E.G.L. se propose d'installer quelques unités pilotes (pompes solaires, unités pour l'éclairage etc...). L'accomplissement de ce programme est bien entendu conditionné par l'obtention d'un financement à octroyer par les organismes de financement que l'E.G.L. contacte à cet effet.

AUTRES PROJETS

Conformément aux objectifs lui confiés par son Assemblée Générale, l'E.G.L. s'occupe aussi d'autres projets en énergies nouvelles et renouvelables : bois, alcool carburant, géothermie, etc...

Ces projets n'ont pas encore connu un début de réalisation effective pour diverses raisons: financement, moyens matériels et humains, etc...

En ce qui concerne le projet bois, l'E.G.L. s'est donné comme tâche d'éviter aux Etats membres de la Communauté, la destruction accélérée et incontrôlée des forêts; entre autres, en intervenant auprès des Gouvernements et Conseil Exécutif des trois Etats en vue de la préservation et de la conservation de leur patrimoine forestier.

A cet effet, l'E.G.L. entend poursuivre la récolte des données statistiques, déjà amorcée sur la consommation du bois dans la région, qui lui permettront de formuler des recommandations susceptibles de définir une politique d'exploitation rationnelle du bois.

En outre, l'E.G.L., en collaboration avec l'IRAZ (Institut de Recherche Agronomique et Zootechnique) compte

promouvoir la culture d'arbres à croissance rapide appropriés à la combustion directe ou à la conversion de la biomasse.

Pour ce qui est de l'énergie géothermique, l'existence de cette source d'énergie dans la Région des Grands Lacs est confirmée par la présence de nombreuses sources des eaux thermales, appelées encore sources effleurantes.

L'E.G.L. s'est donc fixé comme tâche; d'abord de procéder à un inventaire de tous les gisements favorables à la production de cette énergie, et ensuite, mettre à profit les sites identifiés par l'aménagement des centrales électriques.

Lors de sa dernière Assemblée Générale (octobre 1982), l'E.G.L. a inscrit sur son programme d'activités de mener l'inventaire dont question plus haut, du côté des volcans à la frontière Zaïro-Rwandaise, autour du lac Kivu et au long de la rivière Ruzizi jusqu'au Lac Tanganyika.

Il ya lieu de noter qu'au Kenya, cette source d'énergie est déjà exploitée et qu'elle peut revêtir une grande importance aussi dans la région des Grands Lacs.

Voilà, Distingués invités, Honorables Délégués, Mesdames et Messieurs, brièvement brossé le programme d'actions de l'E.G.L. Le chemin qui reste à faire est certes long, mais de par son programme d'actions et avec les encouragements, d'une part de ses trois Ministres et Commissaire d'Etat de tutelle, et d'autre part des bailleurs de fonds de pays amis, l'E.G.L. pense avoir jeté les bases solides d'une coopération régionale en matière d'énergie.

Nous vous remercions.

Chapitre III :

DEUXIEME SESSION

PRESSIONS SUR L'ENVIRONNEMENT

1. Le Déboisement et l'Erosion au Rwanda
Par BYEMERO Vénant
 2. Le Programme de Reboisement au Rwanda
Par BIROLI Phénéas
 3. La Pression Démographique et Impact
sur les Ressources
Par SIBOMANA Jean-Marie-Vianney
-

LE DEBOISEMENT ET L'EROSION AU RWANDA

Par BYEMERO Vénant
Directeur de la Conservation
des Sols au MINAGRI

Distingué Membre du Comité Central du M R N D
Honorables invités
Mesdames et Messieurs,

C'est pour moi un insigne honneur et un réel plaisir de présenter à ce Séminaire le problème du déboisement et de l'érosion au Rwanda.

Le Rwanda, Pays des Milles Collines à topographie particulièrement escarpée et à régime pluviométrique souvent torrentiel, s'inscrit parmi les pays à écosystèmes extrêmement fragiles dont le maintien en équilibre dépend largement de la sauvegarde d'un couvert végétal suffisant.

Vous me permettez tout d'abord, d'appuyer la nécessité d'une disponibilité permanente d'un tel couvert par des considérations d'ordre général qui ne sont pas, par ailleurs, les moins importantes.

- Le rôle anti-érosif d'une couverture végétale se concrétise essentiellement à travers les mécanismes suivants :
- le couvert végétal diminue l'énergie cinétique des gouttes de pluie et par conséquent l'indice d'érosivité; en effet, à cause de l'existence d'obstacles constitués par le feuillage, les branches d'arbres et la litière qu'elles rencontrent sur leur trajectoire avant d'arriver au sol, les gouttes de pluie arrivent sur le terrain avec une énergie cinétique très réduite, souvent incapable de provoquer le détachement de ses éléments constitutifs.
 - la végétation constitue un obstacle et un frein au ruissellement de l'eau sur la superficie du sol car, en effet, la majeure partie de son énergie cinétique est dissipée dans le travail effectué pour vaincre les forces de frictions de l'impact avec les différents obstacles rencontrés et dans d'autres travaux tels que la déformation des feuilles, des branches etc...
 - l'existence d'une végétation contribue, de façon efficace, à la protection des particules du sol contre les détachements, grâce à l'action fixatrice et stabilisatrice des racines; cette action est particulièrement exercée par les essences forestières et par les graminées fourragères à appareil radical fasciculé.
 - la couverture végétale améliore la structure du sol, par là, la vitesse d'infiltration, ce qui réduit considérablement le ruissellement superficiel; cela est obtenu grâce à la désagrégation

du sol provoquée par les racines et à l'apport de substance organique facilement humifiable.

Sous cet aspect, les espèces les plus efficaces appartiennent à la catégorie des essences forestières et à la famille des graminées ayant la caractéristique de renouveler leur appareil radical chaque année.

De ce qui précède, il résulte que la couverture végétale est précieuse dans la diminution du processus érosif d'un sol, que son efficacité dépend de la morphologie et de la densité de ses parties aériennes, de la morphologie et du développement des racines, de la durée au cours de laquelle le terrain se trouve protégé et de la saison pendant laquelle cette protection résulte est assurée.

Il est donc évident qu'une couverture meilleure sera assurée par une végétation pluriannuelle qui protège le sol pendant toute la durée de l'année; parmi les principales végétations ayant ces caractéristiques, les boisements méritent, sans exagération, d'être situés au premier rang.

La déforestation provoque une diminution de l'ombrage, une destruction de la litière et un brûlage excessif de la substance organique du terrain. Le ruissellement superficiel ainsi favorisé combiné avec la fragilité et l'instabilité structurales du sol découlant d'une radiation excessive et d'un microclimat défavorable, donnent naissance à un phénomène érosif dont les effets vont toujours en s'aggravant, en l'absence de mesures de protection appropriées.

Cette déforestation se traduit, en outre, en une augmentation générale des mouvements de convection et une diminution notoire de l'évapotranspiration qui se concrétisent à leur tour en une réduction sensible de la pluviosité. Le déboisement donne également naissance à une diminution de rétention hydrique d'un sol intéressé par cette opération.

Tous ces effets de la déforestation conduisent lentement mais inévitablement, à une dégénérescence ultérieure du couvert végétal et au développement indésirable des essences xéropjiques, incapables d'assurer une protection efficace du sol.

En ce qui concerne particulièrement le Rwanda, la disparition du couvert forestier a été souvent l'effet de l'action anthropique ayant trait aux défrichements inconsidérés pour la colonisation de nouvelles terres de culture, aux feux de brousse, au surpâturage d'un bétail transhumant ainsi qu'aux besoins sans cesse croissants en bois de chauffage, de service et d'oeuvre.

Les données susceptibles de fournir une information quantifiée sur l'évolution du couvert végétal naturel rwandais au cours de ces dernières années ne sont disponibles qu'à partir de 1958, année de prise des premières photographies aériennes du pays (du moins en ce qu'il nous est permis de connaître) par l'Institut Géographique National Belge.

Par ailleurs, ces données regardant essentiellement les deux types principaux de boisements naturels que l'on rencontre dans le pays à savoir :

1° la forêt de montagne, encore accrochée sur les pentes et les sommets de la crête Zaïre-Nil et dont l'ensemble est constitué en direction Nord-Sud par la forêt des volcans, la forêt de Gishwati, celle de Mukura et celle de Nyungwe.

2° la savane arbustive représentative des régions les plus arides de l'Est du pays que l'on trouve dans le parc National de l'Akagera, dans le Gisaka et dans le Bugesera.

L'examen de l'évolution du couvert forestier naturel du Rwanda a été effectué à partir de l'année 1958 sur trois zones représentatives grâce au recours à la photointerprétation des photographies aériennes et à l'analyse des mesures disponibles sur le débit des sources.

Les zones prises en considération sont: le Parc des Volcans et la Nyungwe pour la forêt de montagne et le Bugesera pour la savane arbustive; les résultats des études menées peuvent être synthétisés de la manière suivante:

- En 1958, la forêt naturelle des 3 zones - types soumises à l'étude couvrait une superficie totale de 2531,20 km² pour le parc des volcans, 1141,25 km² pour la Nyungwe et 1051,25 km² pour le Bugesera.

- En 1973, le parc des volcans été déjà passé à 164 km², la forêt de Nyungwe à 992,78 km² tandis que le couvert forestier du Bugesera était réduit à quelques 1008 km².

- De 1973 à 1979, le couvert forestier des 3 zones était réduit respectivement à 150,65 km² pour le Parc des Volcans, 971,38 km² pour la Nyungwe et 375 km² pour le Bugesera.

L'on remarque donc que de 1958 à 1979 le taux annuel d'accroissement de la population et de disparition des forêts naturelles ont enregistré les valeurs suivantes:

Zone	taux de disparition			taux d'accroissement	
	superficies boisées (%)			démographique (%)	
	1958 - 1973	1973 - 1979		1970 - 1978	
Parc des Volcans	5	1,1		3,04	
Nyungwe	1	0,4		2,18	
Bugesera	0,3	15		34,04	

L'examen critique de l'évolution du couvert naturel du Rwanda montre donc que le recul de la forêt face à l'agression impitoyable de l'homme n'est homogène ni dans le temps ni dans l'espace.

Ainsi, l'on peut noter, de façon général que, d'une part, le rythme de disparition du couvert forestier varie très largement selon la zone considérée et que, d'autre part, ce rythme a subi une évolution souvent très diverse dans le temps même pour les forêts de même nature sylvestre, accusant une légère diminution pour les forêts de

montagne et un accroissement excessif pour les savanes arbustives.

Par ailleurs, cette régression résulte très étroitement liée à l'accroissement démographique des régions qui la subissent, avec des seuils souvent très critiques pour les zones vers lesquelles ce sont produites dernièrement les majeures courants migratoires internes telles que le Bugesera, le Gisaka etc...

La dévastation subie par le patrimoine floristique rwandais au cours de ces dernières années s'est accompagnée, un peu partout dans le pays, par des effets néfastes qui, malgré l'absence d'une étude quantitative exhaustive à leur sujet, peuvent être facilement évalués sur terrain. Parmi ces effets, l'on peut citer :

- l'augmentation des effleurements rocheux suite au décapage des horizons superficiels plus fertiles et à l'entraînement physiques des divers constituants du sol vers les bas-fonds, les marais et les rivières.
- l'intensification du processus de ravinement qui confère aujourd'hui à ce pays des milles collines la triste caractéristiques d'être également le pays des milles ravins.
- la fréquence du colluvionnement excessif et des crues persistantes ayant pour conséquence, non seulement la stérilisation des versants de collines mais aussi la "marginalisation" de plusieurs terres de marais et des bas-fonds suite à l'ensablement, le submersion etc...
- la diminution excessive des débits de sources ou le tarissement complet de ces dernières, suite à l'insuffisance ou absence de recharge de leurs bassins d'alimentation.
- la modification générale des différents microclimats et la perte de fertilité qui a entraîné un développement privilégié des essences xérophitiques telles que l'anagnostics au détriment des essences plus intéressantes mais également plus exigeantes en conditions climatiques et édaphiques.
- l'instabilité des conditions climatiques en général et des saisons cultureles en particulier, en égard notamment à la pluviosité.

Le phénomène du déboisement et ses effets résultent d'autant plus préoccupants pour le Rwanda, qu'aucune diminution de la demande en bois qui est d'ailleurs actuellement presque le double de la capacité actuelle des boisements du pays, n'est prévisible à court terme.

En effet, la demande de bois d'énergie et de déchets agricoles qui constituent à eux-seuls 96,3% de l'énergie totale actuellement consommé dans notre pays continuera à augmenter, d'autant plus que 90% de cette énergie sont utilisés en milieu rural. La demande de bois de service et d'oeuvre augmentera également à cause du développement de l'industrie et de l'artisanat et, par conséquent, si de mesures adéquates ne sont pas mises en oeuvre, l'augmentation de la pression démographique pourra conduire à brève échéance, non seulement à la destructure du patrimoine forestier naturel mais, également, à celle des boisements artificiels dont le pays dispose

actuellement.

Toutes les mesures à envisager doivent tenir compte, d'une part, de l'étendue fort limitée des zones à vocation forestière et des terres de culture et, d'autre part, de la nécessité de subvenir aux besoins d'une population qui s'accroît à un taux démographique particulièrement élevé qui se situe actuellement autour de 3,7%.

Dans ce contexte, il est évident que la lutte contre la déforestation assume un caractère tout particulier que le Rwanda et qu'elle devrait être essentiellement basée sur :

- la mise en place de système plus efficaces de protection des forêts naturelles, des parcs nationaux et des flores spontanées des régions à écosystèmes particulièrement fragiles.
- l'aménagement et la mise en valeur des terres des bas-fonds et des marais actuellement inutilisées ou irrationnellement exploitées, afin de diminuer l'impact négatif de la pression démographique sur les superficies boisées.
- l'intensification des programmes spéciaux de reboisement et de ceux qui ont trait à l'association Agriculture - Sylviculture, en injectant notamment de moyens financiers et humains.
- la mise sur pied d'une politique de gestion rationnelle des boisements et la diffusion de techniques améliorées d'utilisation du bois telles que les foyers améliorés, les techniques de fabrication du charbon etc...
- les recherches des produits de substitution susceptibles de contenir le volume du bois utilisé dans des limites acceptables surtout dans des domaines qui en font actuellement le plus de demande tel que celui de l'énergie.

L'importance de la recherche des produits de substitution face aux ressources sylvicoles qui se font de plus en plus rares et dont l'épuisement aurait sans doute des répercussions négatives inattendues et souvent irréversibles sur toute l'économie nationale se passe de tout commentaire.

Qu'il me suffise tout simplement ici, de me joindre aux orateurs qui m'ont précédé pour exprimer le souhait de voir se renforcer d'avantage l'un des principaux domaines susceptibles de contribuer favorablement et efficacement à la sauvegarde de notre patrimoine forestier et à la diminution du danger d'érosion qui menace continuellement notre pays c-à-d le domaine des énergies nouvelles et renouvelables et plus particulièrement celui de la tourbe, du biogaz, du gaz méthane, de l'énergie solaire, éolienne, hydroélectrique et géothermique.

Voilà, Distingué Membre du Comité Central du M R N D, Honorables Invités, Mesdames et Messieurs, les Considérations dont je voulais vous faire part et que, j'espère, seront prises en compte dans la formulation des recommandations de ce Séminaire.

JE VOUS REMERCIE

113

PROGRAMME DE REBOISEMENT AU RWANDA

Par Monsieur BIROLI Phénéas
Directeur des Eaux et Forêts
au Ministère de l'Agriculture
et de l'Élevage
B.P. 621 KIGALI.

Introduction:

Point n'est pas besoin de revenir en détails sur la situation forestière et sur la contribution du bois comme source d'énergie et matériaux de service au Rwanda car ceci a fait l'objet d'un grand paragraphe des exposés intitulés "Effort de reboisement au Rwanda et le Reboisement au Rwanda et ses problèmes" sujets développés respectivement au cours de la première exposition forestière tenue à Kigali en 1979 et au Premier Séminaire National sur la Conservation, l'amélioration et la fertilité des sols au Rwanda tenu à Butare du 15 au 18 mars 1982. Cependant à titre de rappel, il m'est particulièrement indispensable de vous rafraîchir la mémoire par quelques chiffres relatifs à la situation actuelle de nos forêts naturelles et de nos boisements actuels et par d'autres inhérents à la production à la consommation du bois, voire même à la situation déficitaire en bois compte tenu de la disponibilité et des besoins en bois de notre pays.

Situation forestière: Le Rwanda compte deux sortes de forêts sur son territoire: les forêts naturelles comprenant la forêt ombrophylle de montagne dont le reliquat se trouve sur la Crête Zaire-Nil (Nyungwe, Mukura, Gishwati, Parc National des Volcans) et les forêts artificielles dénommées communément boisements. Ceux-ci se répartissent en différentes catégories de propriété; c'est ainsi que nous avons les boisements domaniaux, les boisements communaux et les boisements dits individuels ou individuels groupés. A ces deux catégories de forêts s'ajoute la savane arborescente de l'Akagera "actuel Parc National de l'Akagera" qui compte actuellement plus de 200.000 ha. En termes de superficies les forêts naturelles couvrent environ 145.000 ha tandis que les boisements s'étendent sur plus de 70.000 ha. (Bulletin agricole du Rwanda n° 2, avril 1982 page 124).

Production, consommation et déficit en bois

D'après la commission conjointe Rwando-Suisse de 1974 citée par J.P. Sorg (Bulletin Agricole du Rwanda no 1 janvier 1980) la production potentielle du domaine boisé était estimée à 900.000 m³/an dont 650.000 m³ la forêt naturelle, 150.000 m³ pour les boisements et 100.000 pour les savanes.

En respectant l'hypothèse suivante qui fixe le taux de consommation du bois par individu et par an à 1 m³ (d'après les enquêtes du MINAGRI et la Banque Mondiale) il s'avère également que les besoins annuels en bois de chauffage se chiffrent à 5.000.000 m³, plus la consommation industrielle et artisanale

s'élèvent à 57.000 m³/an, nos besoins en bois se chiffrent à 5.057.000 m³/an.

De ces chiffres, il se dégage immanquablement un déficit énorme de plus de 4.000.000 de m³/an; ce déficit représente une plantation de 200.000 ha exploitables en raison de 20 m³/ha/an.

Comme vous le savez il en résulte l'utilisation des déchets agricoles, des herbes sèches, la bouse de vaches comme combustibles dans certains ménages. Et sur le plan industriel du bois une stagnation déplorable de ce secteur et par voie de conséquence une importation massive des produits ligneux semi-finis et finis: je songe à l'importation des triplex, panneaux de particules, les planches et madriers,, les contreplaqués etc.

1. Augmentation du patrimoine forestier

Eu égard à ce qui précède, il s'est dégagé une détermination beaucoup plus ferme du Gouvernement.

En effet, dès l'avènement de la deuxième République un effort beaucoup plus particulier a été mis sur le secteur forestier. Nous songeons:

- à l'augmentation annuelle de l'enveloppe budgétaire destinée au secteur forestier
- à l'installation des projets forestiers et mixtes
- à la formation des cadres forestiers de tous les niveaux
- à l'institutionnalisation de la Journée Nationale de l'Arbre en 1976
- et tout récemment le 31 décembre 1982 à la proclamation solennelle par le Chef de l'Etat, Son Excellence le Président de la République et Président-Fondateur du M.R.N.D. le Militant Juvénal HARYARIMANA, de l'année 1983 "ANNEE DE L'ARBRE"
- si l'on se réfère encore au IIIème Plan quinquennal de développement économique, social et culturel, l'on se rend compte que le secteur forestier figure parmi les objectifs de production à l'horizon 1986.

Autant d'impérieuses décisions concrètes prises par le Gouvernement pour la promotion du secteur Forestier et de l'Economie forestière du Rwanda.

L'augmentation du patrimoine forestier du Rwanda est une nécessité impérative qui doit avant tout requérir des moyens plus adéquats pour que sa concrétisation puisse avoir lieu. Ces moyens sont

- entre autres:
- Moyens matériels
 - Moyens financiers
 - Ressources humaines

a) Moyens matériels: Les moyens matériels comprennent entre autres la disponibilité des terres à usages multiples et enfin le matériel nécessaire à la réalisation des travaux de reboisement et d'entretien.

b) Moyens financiers: Les moyens financiers comprennent des dotations financières du Gouvernement au secteur forestier pour achat de matériels de tous genres destinés aux travaux de reboisement et paiement main-d'oeuvre. A ces dotations financières gouvernementales s'ajoutent les subventions des pays amis et les prêts à consentir auprès des bailleurs de fonds étrangers pour la promotion du secteur forestier.

c) Les ressources humaines: Pour mener à bien la politique gouvernementale d'accroître le patrimoine forestier, il faut qu'il dispose également des ressources humaines qualifiées suffisant en sciences forestières. Des ingénieurs et des techniciens forestiers qui doivent veiller à l'aménagement et à la gestion des boisements existants et enfin à la création de nouveaux boisements. Tous ces moyens réunis constituent un atout très important sur lequel le Gouvernement peut compter pour augmenter la superficie boisée et assurer la bonne gestion des boisements et forêts naturelles existants.

Ces moyens constituent également la stratégie globale du Gouvernement en cette matière.

1.1. Comment le Gouvernement compte-t-il augmenter la superficie boisée du pays?

En dehors des dotations financières (gouvernementales, aides, prêts) l'on doit d'abord procéder à l'inventaire effectif:

- des superficies à vocation forestière
- des superficies à vocation agricole sur lesquelles l'Agro-foresterie est possible, c'est-à-dire l'association des cultures avec les arbres ne dégradant pas les sols mais améliorant la qualité des sols.
- des routes et pistes dont les abords ne sont pas boisés
- des vallées et galeries
- des cours d'eaux dont les rives sont nues
- des boisements dégradés à convertir
- des pâturages qu'il faudra enrichir en espèces forestières fourragères

Cette inventaire nous permettra de mettre en évidence des nouvelles superficies exploitables en foresterie qui jusqu'à présent étaient ignorées ou sous utilisées.

A titre d'exemple, l'inventaire des terrains agricoles dégagera des superficies agricoles sur lesquelles des cultures de basse tailles sont cultivées.

Cet inventaire exclura bien entendu les champs de bananeraies auxquelles toute association avec les arbres est presque impossible.

Supposons que les 941.600 ha des terres cultivées permettaient de faire une association des arbres avec les cultures. En respectant l'hypothèse avancée par le projet Agro-pastoral de Nyabisindu qui

dit que l'on peut associer 300 arbres avec d'autres cultures par ha; cette superficie potentielle peut nous permettre de planter 282.400.000 arbres en association avec les cultures.

Un autre exemple est celui des boisements routiers:

Le réseau routier du Rwanda compte en tout 8.000 Km. En supposant encore que 1000 Km. seulement sont boisés l'on peut créer 28.000 ha en plantant des arbres sur une bande de 20 m de part et d'autre de la route.

1: Le IIIème Plan quinquennal de Développement économique, social et culturel du Rwanda, secteur Agricole et infrastructures.

Tout à l'heure j'ai parlé des inventaires des superficies tant dénudées, cultivées que celles incultes mais encore exploitables.

La finalité de ces inventaires nous amènera à programmer notre rythme de reboisement et à préciser quel type de boisement à créer et avec quelle méthodologie, c'est-à-dire boisement type classique ou boisement intégré ou routier.

L'on prévoit faire ces inventaires cette année par l'interprétation des photographies aériennes et par des sorties sur terrain. C'est un travail de longue haleine mais qui n'est pas du tout fastidieux.

Après avoir obtenu les superficies réelles de chaque catégorie nous allons appliquer, pour les grandes superficies des collines dénudées notre Guide d'élaboration de Projets forestiers à l'intérieur dans le cadre des actions de développement rural.

Ceci consistera pour les grandes, moyennes et petites étendues à les stratifier en superficies:

- de plus de 50 ha pour la création des boisements domaniaux
- comprises entre 20 et 50 ha pour la création des boisements communaux et de secteurs
- moins de 20 ha pour les boisements individuels et individuels groupés.

Tandis que les superficies situées de part et d'autres des cours d'eaux, des galeries et petites vallées encaissées serviront à créer des boisements communaux.

1.2. Stratégie

Pour pouvoir réaliser ce programme, le Gouvernement devra s'appuyer sur la stratégie constituée par trois composantes ci-après:

- 1.2.1 La formation et le recyclage: La formation et le recyclage doivent être faits à tous les niveaux. Le recyclage des pépiniéristes et des moniteurs fo-

restiers constituera une grande préoccupation du Bureau d'Animation forestière de la Direction des Eaux et Forêts (MINAGRI). Ceci dans le cadre de la vulgarisation forestière communale déjà commencée en 1981.

La formation constitue un outil de base et efficace pour la gestion des boisements et forêts naturelles et sans toutefois se faire ignorer que la création de nouveaux boisements demande des cadres spécialisés en l'occurrence des Ingénieurs et techniciens forestiers. Le Gouvernement intensifiera cette action déjà entreprise en encourageant la formation des techniciens forestiers sur place à Nyamishaba et celle des Ingénieurs forestiers à l'étranger et éventuellement au Rwanda.

1.2.2. Installation des projets forestiers et mixtes

Le Gouvernement s'efforcera encore davantage à installer des projets exclusivement forestiers et ceux de développement rural intégré comprenant un volet forestier ou agro-forestier. Ceci permettra de reboiser le plus rapidement et le plus tôt possible les superficies qui auront été identifiées.

1.2.3. Le Fonds Forestier National et la législation forestière.

Les statuts du Fonds Forestier National en voie d'achèvement permettra d'alimenter un fonds spécial d'afforestation, qui compte au moment où je vous parle plus de 3 millions de francs rwandais.

Ce fonds sera régulièrement alimenté par les taxes d'abattage et de revenus forestiers des boisements domaniaux. Il sera en outre constitué par les contributions financières des organismes internationaux qui auront vite compris son utilité au développement forestier du pays.

Le fonds forestier National devra par voie de conséquence jouer un rôle d'intérêt public en finançant des opérations à rentabilité économique telles que :

- la conservation et la création des boisements domaniaux, communaux et privés
- la poursuite des actions forestières préalablement entreprises au moyen d'aides extérieures
- la promotion des activités forestières et de l'utilisation des produits forestiers.

La législation forestière qui pourra voir le jour fin cette année ci servira d'instrument efficace tant sur le plan d'aménagement, de gestion, de création de nouveaux boisements que sur celui d'assurer le respect et la valeur des peuplements forestiers pour une meilleure utilisation du bois et d'autres produits forestiers.

Tels sont en quelques mots les grandes lignes directrices qui guideront à court et à moyen termes le programme de reboisement dans notre pays.

Je vous remercie

BIBLIOGRAPHIE

1. Bulletin agricole n° 1 janvier 1980
 2. Bulletin agricole n° 2 Avril 1982
 3. Journal Officiel du 1er Novembre 1982: IIIème Plan de développement économique, social et culturel 1982-1986
 4. MINAGRI, 1981: Vulgarisation Forestière communale
 5. MINAGRI, Statuts du Fonds Forestier National (non encore publié)
 6. PNUD/Banque Mondiale, juin 1982: Rwanda, Problèmes et choix énergétiques.
-

LA PRESSION DEMOGRAPHIQUE ET SON IMPACT SUR LES RESSOURCES

Par SIBOMANA J.M. Vianney
Fonctionnaire à l'Office National
de la Population -ONAPO-

Résumé

La population et les ressources sont des éléments inséparables pour un développement harmonieux d'une nation. Ces variables sont prises comme des facteurs de base pour le développement socio-économique et culturel.

Les principales caractéristiques de l'époque contemporaine, respectivement la croissance exagérée de la population et le besoin urgent de maintenir l'équilibre entre la population et les ressources disponibles imposent beaucoup d'efforts dans l'établissement des plans nationaux de développement et une très grande cohérence dans l'orientation globale du pays.

Pour mieux comprendre le caractère et l'objet de l'exposé "Pression démographique et son impact sur les ressources", il s'avère important de souligner qu'il faut une main-d'oeuvre suffisante et capable pour valoriser les ressources d'une nation, mais en dernier lieu, il importe davantage de veiller à ce que ces ressources puissent être à même de subvenir aux besoins essentiels de cette main-d'oeuvre.

Le déséquilibre entre main-d'oeuvre et ressources disponibles conduit en catastrophe. Dans cette communication, nous analyserons non d'une façon exhaustive :

- La relation population et ressources disponibles
- L'accroissement de la population dans différentes régions naturelles
- Le déséquilibre entre population et ressources naturelles
- La pression démographique au milieu environnant et dégradation des écosystèmes naturels, et enfin, avant de conclure on essaiera de passer en revue quelques éléments de solutions possibles.

Il serait très souhaitable que chaque séminariste puisse donner son avis sur la politique de l'Environnement au Rwanda et cet avis serait soumis à un débat général. Il s'avèrerait également utile d'organiser des tables rondes et des conférences où des experts invités présenteraient l'expérience des autres pays dans le domaine de l'environnement.

1. Introduction

La sauvegarde des ressources naturelles de notre pays (la fertilité des sols, les ressources en eau, le couvert végétal, le maintien des équilibres indispensables à la vie) pose des problèmes d'urgence et concerne le bien-être de tous les rwandais à court terme comme à long terme.

Si la recherche de l'équilibre entre la population et les ressources ne constitue pas une préoccupation récente pour les Gouvernements, la forte croissance démographique au cours des dernières années, en raison d'une baisse importante de la mortalité alors que la fécondité demeure à un niveau élevé, conduit à examiner de manière plus approfondie les contraintes de réalisation de cet équilibre.

Cette préoccupation va contribuer à mieux faire comprendre les relations existantes entre la population et ressources puisque corrélée à une meilleure connaissance des facteurs de développement économique et d'évolution démographique.

Même si de nombreuses lacunes subsistent, l'influence que le volume de la population, sa composition, sa répartition ainsi que les modifications de ses déterminants exercent sur les facteurs de la croissance économique semble aujourd'hui mieux prise en compte dans le processus de planification.

Bien que ne constituant que l'une des nombreuses variables influençant le développement, il n'est guère contestable que la population possède une importance cruciale dans notre pays.

Parce qu'il est difficile de cerner en une seule fois toutes les relations entre les ressources disponibles et la croissance démographique, on se limitera à l'analyse de certaines d'entre elles, à savoir notamment; la disponibilité des sols, l'eau, le bois et les produits alimentaires.

Les responsables rwandais prennent de plus en plus conscience des contraintes qu'impose la croissance démographique aux ressources du pays. En effet, l'accroissement de la population a pour conséquence l'augmentation du nombre de personnes à nourrir, à loger, à soigner, et à éduquer.

Comme les ressources ne sont guère élastiques, il devient impossible d'assurer à la population une vie dans les normes de la décence et une telle situation donne lieu à la prolifération des inégalités et à la misère.

Cette prise de conscience suscite l'intérêt pour la prise en compte de la relation qui existe entre la population et les ressources dans les programmes de développement.

Même s'il n'est pas de notre propos d'examiner ici de manière détaillée chacun des facteurs économiques de notre pays, il est toutefois nécessaire de présenter les conséquences de la pression démographique sur les ressources disponibles.

Dans ce document de travail seront examinés :

- La relation Population et Ressources disponibles
- L'accroissement de la Population dans différentes régions naturelles
- Le déséquilibre entre la population et les ressources
- La dégradation des écosystèmes naturels, conséquence de la pression démographique.

Enfin, avant de conclure, nous essayerons de passer en revue quelques éléments de solutions possibles ainsi que les stratégies à adopter en vue de résoudre le problème de déséquilibre entre population et ressources disponibles, c'est-à-dire une des meilleures méthodes pour protéger notre environnement.

11. Relation population et ressources disponibles

La population et les ressources sont deux éléments inséparables pour un développement harmonieux d'une nation. Ces variables sont prises comme des facteurs de base pour le développement socio-économique et culturel car, en fait, ils entrent dans le circuit des préoccupations des planificateurs dont le souci n'est pas seulement de trouver l'harmonie entre les composantes de la nature mais aussi leur rapport d'interaction avec la société humaine .

Les principales caractéristiques de l'époque contemporaine, respectivement la croissance exagérée de la population, le besoin urgent du développement rural intégré et le souci de maintenir l'équilibre entre la population et les ressources disponibles, imposent beaucoup d'efforts aux planificateurs lors de l'établissement des plans nationaux de développement et une très grande cohérence dans l'orientation de la politique globale du pays.

Un grand nombre de spécialistes s'occupent de l'analyse des éléments "Population, Ressources et Développement". Chacun d'eux essaye de trouver leur interdépendance et participe ainsi à la solution des problèmes y relatifs, en travaillant dans le domaine spécifique, mais en utilisant les données et les interprétations des autres qu'il exploite de sa façon.

C'est pourquoi les problèmes liés à la population et aux ressources naturelles sont résolus d'une façon complexe car, ils ont un caractère interdisciplinaire. Ces éléments pris ensemble, ont un aspect se référant à la genèse et à la répartition des phénomènes qui entrent dans le cadre des sciences naturelles et sociales ainsi que ceux qui englobent le cadre géologique, physico-géographique, etc...

Dans ce contexte, on utilisera des termes se référant à la valorisation supérieure des ressources naturelles et à la nécessité de réaliser des progrès économiques pour écarter le déséquilibre existant entre les facteurs démographiques et l'économie nationale.

Il importe dans ce cas de préciser les notions: population,

pression démographique, ressources, développement car, c'est à partir de là qu'on peut se rendre compte de l'inter-relation de ces quatre mots qui sont étroitement liés.

NOTION "POPULATION"

Si la population est l'ensemble d'habitants d'un territoire existant à un moment donné et délimité selon des critères variés d'appartenance, la pression démographique, quant à elle, est l'état de tension plus ou moins sévère existant entre l'effectif de cette population.

Bien que ne constituant qu'un des éléments qui doivent être envisagés dans le processus de développement, la population revêt cependant une importance toute particulière, du fait que l'objectif ultime au développement économique n'est pas uniquement d'accroître le total des biens et des services produits, c'est-à-dire le produit intérieur brut (PIB), mais d'améliorer le niveau et la qualité de la vie de l'être humain, notamment la valeur des biens et des services disponibles par habitant.

Etant donné la croissance démographique rapide, l'augmentation de la production des biens et services ainsi que la progression du PIB par habitant risqueraient d'être limitées ou même inexistantes. Par conséquent les objectifs visant à l'amélioration de la vie de chaque habitant risqueraient aussi d'être difficiles à atteindre et fort éloignés dans le temps.

NOTION "RESSOURCES"

Les ressources sont l'ensemble des éléments naturels utiles à la collectivité humaine ou la totalité des moyens d'existence offerts à l'homme par le milieu environnant. Dans cet ensemble, on inclue ce qu'on appelle "produits naturels" et ce qu'on nomme "patrimoine naturel". En d'autres termes, les ressources naturelles sont non seulement ces formes du matériel utilisé directement par l'homme, comme l'air, l'eau potable, diverses substances minérales etc... mais aussi ces formes qui assurent indirectement l'existence de l'homme et le développement de la société, tels que le sol, les eaux continentales, l'atmosphère et le fond touristique.

Comme il ressort donc, l'attribution essentielle des ressources naturelles se rencontre dans leurs utilisations tant dans la nécessité d'être consommées que dans la possibilité d'être utilisées par l'homme pour son intérêt et selon l'étape d'évolution de la société.

En rapport de ceci, on peut dire que la notion de ressources naturelles représente un concept dynamique dont le contenu se change en fonction des besoins de la société suivant son niveau de développement.

NOTION "DEVELOPPEMENT"

Le Développement est le processus de valorisation des ressources pour le mieux-être du groupe humain. Un développement global implique donc la consommation des ressources tant naturelles qu'humaines tout en visant à les conserver, les rétablir ou les améliorer.

A partir de ces définitions, il s'avère important de souligner qu'il faut une main-d'oeuvre suffisante et capable pour valoriser les ressources d'une nation, mais en dernier lieu, il importe encore davantage de veiller à ce que ces ressources puissent être à même de subvenir aux besoins essentiels de cette main-d'oeuvre pour son mieux-être et celui de la société entière.

En fait, quiconque parle du développement national, sous-entend le bien-être de la population et ce bien-être ne peut-être couvert sans ressources.

Dans le cas du Rwanda où l'enrichissement en hommes prend des allures de véritable inflation puisque la densité est passée de 77 habitants par km² en 1948 à 186 en 1978 et où le taux d'accroissement naturel est de 3,7% par an, réussir à allier la progression du développement et la formation du capital en rétablissant les ressources n'est pas chose aisée.

III. Dynamique de la Population dans Différentes Régions Naturelles du Rwanda.-

En se basant sur les conditions climatiques et biotiques inhérentes aux régions concernées et sur les caractéristiques des populations qui y vivent, le Rwanda se présente comme un pays à trois étages fortement différenciés du point de vue physiologique et qui forment un tout structuré et fonctionnel du point de vue humain à savoir :

- Le plateau central
- Les régions de contreforts de la Crête et les hautes terres
- Les basses terres de l'Est

L'intensité du peuplement concentré et continu a toujours oscillé entre les chaudes savanes des basses terres de l'Est et les hauteurs de la crête Zaïre-Nil de l'Ouest et des terres volcaniques du Nord. L'expansion démographique des trente dernières années a occasionné des transformations géographiques dans l'espace habitable, causes d'importantes perturbations des écosystèmes naturels (unité structurale élémentaire de la biosphère).

En 1948 l'excédent annuel de la population rwandaise était de 15% environ (p. Gouron). A ce rythme, la population aurait dû doubler seulement en 58 ans et passer de 1.890.000 habitants en 1948 à 3.780.000 en 2.006.

En 1970, 24% de la population vivaient sur 55% du territoire et en 1978, seulement 12% de la population sur 38% du terri-

toire (NDUWAYEZU J.D.).

Par contre, dans le cadre des densités supérieures à 300 habitants au km², on ne connaissait en 1948 aucune densité de ce type, en 1970 8% de la population vivaient déjà sur 20% du territoire national et en 1978, c'était 21% de la population qui vivaient sur 41 du territoire (NDUWAYEZU J.D.).

Ainsi en 1948, le paysan rwandais typique vivait sur une colline portant 100 habitants au km², trente années plus tard, il doit survivre sur cette même colline qui supporte 300 habitants au km².

A. Le peuplement du plateau central

Entre les hautes terres de la crête-Nil et les terres granitiques de Gitarama s'étend une vaste région depuis la frontière du BURUNDI au Sud, jusqu'à RUHENGERI au Nord et à KIGALI à l'Est.

Cette région allongée s'étale de part et d'autres de la vallée MUKUNGA - NYABARONGO - MWOGO.

Par une altitude moyenne située entre 1600 et 1800, avec une pluviométrie entre 1000 et 1250 mm/an et des sols fertiles quand les horizons humifères sont bien conservés (Kaolisols), cet ensemble qui représente 16% du territoire national faisait vivre 29% de la population à raison de 146 habitants au km² en 1946. Il en porte aujourd'hui 27% avec une densité moyenne de 338 habitants au km².

Dans cet ensemble, le seuil de surpeuplement avec un record de 668 habitants au km² est dans la Commune de SHYANDA. Ce vieux pays qui ressemblait 20% de la population totale en 1948 n'en abritait que 17% en 1978.

La turbulence migratoire et les comportements démographiques (natalité très basse, forte mortalité infantile, processus de vieillissement), sont les signes du déclin démographique de cette région.

Par contre, le centre de la préfecture de KIGALI, moins occupé jadis, a connu une transformation exceptionnelle, passant de 84 habitants au km² en 1948 à 272 habitants en 1978, cet essor impliquant l'installation des 20 ingo en plus par km² en une dizaine d'années est due à la multiplication des opérations d'encadrement agricole, à la mise en valeur de la vallée de Nyabarongo au renforcement des activités minières, à la prolifération des bourgs et à l'émergence de la capitale nationale.

Le coeur de la préfecture de RUHENGERI constitué par un bassin intramontagnard enchassé entre les Birunga au Nord et le rebord du socle au Sud, a vu son niveau de densité passer de 172 habitants au km² à 393 en 1978. Il est plus élevé sur le rebord du socle bordier (CYABINGO-RUHONDO) que dans la plaine de Laves où trop de coulées récentes découragent la mise en valeur.

Ici, 27% des gens nés dans cette préfecture ont aussi changé de domicile, mais la formation des hameaux et la colonisation du piémont des Birunga ont absorbé 76% de la population mobilisée, tandis que l'émigration n'en attirait que 13% (NDUWAYEZU J.D.).

B. Le peuplement des contreforts de la Crête Zaïre-Nil et des hautes terres

Attenante au plateau central, les régions de la Crête Zaïre-Nil et des hautes terres font dévaler entre 2000 et 1800 m leurs très fortes déclivités souvent exposées à une pluviométrie brutale.

Les contreforts orientaux du massif méridional de la Crête s'étendent de MUBUGA au Sud (GIKONGORO) jusqu'à SATINSYI au Nord (GISENYI) formant en 1948 un couloir de densité relativement faible entre la forêt à l'Ouest et l'axe méridien des fortes densités à l'Est.

L'occupation qui s'établissait alors à 118 habitants au km² se trouve trente ans plus tard multipliée par 2,2 (262 habitants au km²). Cependant cette sous-région a vu son poids démographique relatif diminuer de 1% entre 1948 et 1978 alors qu'elle manifeste un des taux d'accroissement naturel les plus élevés du pays.

En fait, la colonisation intercalaire étant presque achevée, les jeunes ont tenté l'aventure du défrichement de la forêt de NYUNGWE (3% des migrants), des paysanats de MAYAGA (38%) et des terres vierges de la préfecture de KIGALI (25 %).

Les contreforts orientaux du massif septentrional entre les vestiges de la forêt de GISHWATI et la vallée encaissée de la NYABARONGO se partagent l'Est de la préfecture de KIBUYE et le Sud-Est de la préfecture de GISENYI. Malgré une érosion anthropique redoutable, les densités sont passées de 80 habitants au km² en 1948 à 210 habitants au km² en 1978.

Les densités moyennes des versants du Kivu sont de 299 habitants au km², ordre intermédiaire entre celles du plateau central dont elles ont l'altitude et celles des contreforts dont elles ont la topographie. Les parties basses des berges du Kivu, aux formes concaves et aux sols fertiles (cendrées volcaniques de GISENYI) sont parmi les zones les plus peuplées du pays.

Situées au-dessus de 2000 m, les hautes terres du RWANDA sont constituées par le sommet de la Crête Zaïre-Nil, le piémont des Birunga et le haut plateau de BYUMBA. C'est un milieu peu tropical où la trilogie vivrière de type tempéré (maïs, pois et pommes de terre) remplace le sorgho, le haricot et la patate douce de l'étage moyenne.

Ce milieu assurait en 1948 la subsistance de 19% de la population à raison de 81 habitants au km² et a servi presque en 1970 de zone d'accueil des excédents démographiques des régions les plus basses (20%).

Depuis lors, il a fait son plein et la densité ne dépassant pas 203 habitants au km², sa part dans l'effectif national est retombée à 17,7%. En effet, les déplacements de la population à l'intérieur de cette zone qui se faisaient vers les vallées et les basses terres (haut plateau de BYUMBA) vers les paysanats de

pyrèthre sur les coulées de lave (Birunga) ou vers les grandes plantations théicoles dans les marais, semblent être désormais dans une totale impasse.

C. Le Peuplement des terres de l'Est

Les régions orientales, formées par des plateaux d'une altitude inférieure à 1500-1600 m, souvent indurés de cuirasses et séparés par des vallées à vertisols peu propices au houïage manuel, de plus menacés par des aléas climatiques d'autant plus redoutables que le total pluviométrique est modestes (moins de 1.100 m) et l'évapotranspiration considérable, n'offraient guère de supports favorables à un peuplement agricole dense.

L'emprise plus importante du pasteur affaiblissait encore le peuplement permanent d'autant que le surpâturage conduisait par l'embrouïement à la reforestation. Enfin, le paludisme et la trypanosomiase décourageaient à leur tour l'occupation humaine. En 1948, ces régions ne portaient que 21% de la population sur 46% du territoire à raison de 36 habitants au km².

Encore que l'essentiel de ce peuplement était-il rassemblé dans le MAYAGA méridional et dans les zones d'entre MUHAZI et MUGESERA, abandonnant le reste de l'espace à un soupou-drage humain souvent inférieur à 10 habitants au km².

En 1970, ces basses terres abritaient 27% de la population à raison de 115 habitants au km². Cette expansion est due aux courants migratoires qui, depuis le reste du pays, se sont dirigés vers ses villes et ses compagnes organisées en paysanats. La vague de peuplement a submergé toutes les Communes proches du plateau central et des hautes terres de BYUMBA.

D'autres zones sont actuellement le siège d'importantes opérations de peuplement et d'encadrement rural (MUTARA et MUGESERA).

Avec KIGALI, dont l'effectif est passé de 13.025 habitants en 1948 à 110.179 habitants en 1978, avec de nombreux bourgs dynamiques (Commune NYAMATA), de bonnes routes de circulation rapide, avec l'aménagement intégral des grandes vallées, la région des basses terres apparaît comme la zone d'avenir du pays pour autant que la collaboration spontanée parvienne à adopter à son nouveau milieu physiographique les habitudes de production et d'organisation qui ont fait leurs preuves dans le plateau central.

En effet, et au début les paysanats ont procuré à leurs habitants des productions agricoles et des revenus monétaires très élevés par rapport au milieu traditionnel grâce à la valeur agricole neuve des sols, la diminution des rendements n'est que déjà trop sensible sur les lots cultivés depuis plus de 15 ans.

Sur le plan individuel, on note déjà que l'initiative est en émoi. On assiste à la mise en valeur des terrains à l'extérieur des lotissements reçus, à la recherche d'un emploi salarié, etc... La description des aspects régionaux de l'inflation démographique au Rwanda montre aussi que durant les trente dernières années,

la population s'est entassée sur place.

Dans la partie habitable du pays qui couvre 80% du territoire national, la densité de population est passée de 77 habitant au km² en 1948 à 225 habitants au km² en 1980. Presque toutes les zones habitables sont en crise :

Sur le plateau central qui regroupe 27% de la population sur 15% du territoire, la densité a pu passer de 146 habitants au km² en 1948 à 338 habitants par km² essentiellement à la mise en culture de pâturages.

La région des contreforts orientaux de la Crête Zaïre-Nil a passé en densité de 115 habitants au km² au prix d'une grave agression contre un milieu naturel fragile, laquelle ne peut qu'accélérer un courant d'émigration déjà bien amorcé.

La colonisation des hautes terres d'altitude supérieure à 2000 m paraît avoir atteint avec 203 habitants au km² un seuil bien difficile à dépasser sans modification du système de production et d'organisation.

Le Rwanda oriental où la densité est passée de 36 à 115 habitants au km² n'est plus un vaste espace pionnier puisque le dynamisme démographique d'une population de jeunes immigrés doit d'ores et déjà prendre le pas sur l'immigration.

Partout l'entassement sur place de la population l'emporte donc sur les migrations. Il s'ensuit une transformation profonde ou une détérioration de l'environnement naturel.

IV. Déséquilibre entre population et ressources

Il y a déséquilibre démographique quand les ressources disponibles ne peuvent pas satisfaire les besoins essentiels de la population, quand la croissance démographique freine la formation du capital public et privé et ne permet pas d'affecter les nouvelles ressources d'investissement qu'au seul maintien du niveau de vie relativement faible et non l'accroissement du niveau du capital investi par travailleur.

Dans le cas du Rwanda, le sol constitue la première ressource, étant donné le caractère agricole du pays. Cependant, en raison de la forte densité et de la croissance démographique rapide, une bonne partie des terres disponibles est déjà occupée.

L'extension de la superficie des terres de culture n'est possible que dans les limites étroites pour une population des plus denses d'Afrique (186 habitants au km²), connaissant par ailleurs un taux d'accroissement de l'ordre de 3,7% par an. Chaque rwandais dispose de moins d'un hectare de terres de cultures, ce qui est insuffisant pour une exploitation agricole économique viable.

D'autre part, l'économie du pays repose principalement sur l'agriculture et l'élevage; d'où dans une situation démographique

explosive, la production vivrière joue un rôle fondamental dans le processus de développement.

Or, face à un pareil accroissement de population, le tonnage vivrier n'augmente que très peu. Ce faible accroissement de production provient essentiellement de la banane et dissimule ainsi une détérioration de la situation alimentaire.

Les productions vivrières ne suivent donc pas la croissance de population et qualitativement, la ration alimentaire s'appauvrit en protides puisque la production de légumineuses (haricots, pois...) ne s'accroît que très lentement d'environ 1,8% par an.

Il y a lieu de penser et même d'affirmer que les pertes dues à la surexploitation, la mauvaise utilisation, la diffusion des conditions de morcellement, la dispersion de l'habitat et de la forte érosion qui se produisent dans tous les coins du pays vont s'accroître au fur et à mesure que de plus en plus d'individus intensifieront les pressions qui s'exercent sur les terres afin de subvenir à leurs besoins en matière de terrains de parcours pour l'élevage, de terres arables et de bois à brûler.

Cette dégradation englobe toute une série de changements écologiques qui détruisent la couverture de végétations et le sol fertiles des régions les plus sèches, rendant la terre impropre au pacage ou à la culture.

Si les tendances démographiques actuelles se poursuivent, les forêts seront à peu près réduites de plus que la moitié en l'an 2000 et l'érosion, l'envasement et les irrégularités de débit vont gravement compromettre la production.

La diminution rapide des forêts du pays va encore exercer des repercussions nuisibles et profondes sur l'eau et sur les autres ressources. En effet, la demande de bois à brûler augmente d'une façon remarquable, conduisant à des pénuries locales qui se multiplient dans tous le pays.

Bref, le pays se trouve en présence du problème urgent que pose la perte de ressources génétiques, végétales et animales, surtout à la suite de l'envahissement des forêts naturelles par l'homme à la conquête du terrain, affectant ainsi beaucoup d'espèces du règne animal et végétal.

Un autre problème est que l'accroissement de la population sous-entend une augmentation rapide des demandes d'eau douce. Il faut estimer, en fait des disponibilités en eau par personne sur la base de la seule croissance de la population sans tenir aucun compte d'autres causes d'un accroissement de la demande.

Une grande partie de l'augmentation de la demande d'eau se situe dans les villes et dans les régions agricoles en tenant compte qu'il n'y a déjà pas assez d'eau pour la consommation humaine et l'irrigation.

Enfin, la population rwandaise étant très jeune (près de 58% ont moins de 20 ans) pose des problèmes surtout en matière d'approvisionnement puisque le rythme d'accroissement des ressources

Pour être empiriques et fort peu productives, ces pratiques permettaient d'obtenir deux récoltes annuelles sur le champs.

L'accélération de l'accroissement démographique, sous l'effet combiné des mesures sanitaires, des cultures vivrières imposées (réserves de vivres) et d'une articulation légèrement meilleure de l'économie, a provoqué des changements rapides dans ce système de culture et d'utilisation du sol.

1- Les superficies en culture se sont étendues par conquête des terres nouvelles tant en culture sèche de colline qu'en culture irriguée de bas fonds marécageux, l'occupation des versants et des vallées ou l'ouverture des fonds pionniers dans les savanes de l'Est et du Sud ou les forêts du Nord et de l'Ouest a fait supprimer un couvert végétal qui protégeait admirablement les épaissees argiles tropicales des versants et qui contribuait à la régularisation des températures et des pluies. La préparation des champs qui consiste à retourner la terre simplement ou à créer des billons dans le sens de la pente et qui se fait juste avant la saison des pluies concourt à l'épuisement des sols.

2- Les superficies cultivées se sont accrues par une importante diminution de la durée de la jachère herbacée. Actuellement moins de 1/3 de champs de culture connaissent le repos de la jachère, quand elle est pratiquée, sa durée est de plus en plus réduite. Le gain de superficie s'immolait donc un fléchissement de la fertilité et du rendement à l'hectare, mais aussi le morcellement des exploitations car celles-ci sont en moyenne 40% plus petites que dans les années 1950.

3- L'introduction des plantes nouvelles (manioc, arachide, soja, café, thé, pyrèthre), du fait de procédés modernes de culture épuisent et laissent le sol sans protection. En effet la polyculture traditionnelle avec son inévitable corollaire de rotation des cultures parmi lesquelles les cultures enrichissantes (légumineuses par exemple) permet d'exploiter à tour de rôle toutes les possibilités du sol. Aussi les façons cultureles traditionnelles remuent moins le sol provoquant ainsi une perte en terre plus faibles.

4- Enfin, le recul des pâturages levant les cultures contribue à la perte de fertilité des champs tant en randant précaire l'activité pastorale.

On notait déjà en 1976 que le troupeau bovin qui avait atteint un effectif de 800.000 ha de pâturages, avait commencé à régresser faute de pâturage. Et comme la diminution des effectifs intervient d'abord dans les régions où la progression agraire est la plus forte, l'association rationnelle de l'agriculture et de l'élevage est à jamais compromise. Enfin, piétinement et broutage se conjuguent pour détruire le sol et le fourrage lui-même. Ainsi, paradoxalement, l'élevage qui permet l'utilisation de zones marginales impropres à l'exploitation agricole devient source de graves dégradations des sols.

atterrissements envoient les formations naturelles. En se déposant sur les terres fertiles, ses éléments grossiers les ruinent entièrement. Les colmatages accroissent la pente des bas-fonds, ce qui accélère également l'évacuation des crues et l'irrégularité du régime. La charge solide pose le problème de l'envasement des réservoirs hydro-électrique et des ponts.

D. Dégradation du système agraire

Près de 96% de la population rwandaise vivent en milieu rural et travaillent dans le secteur agricole. Malgré cela, la production agricole vivrière n'est pas suffisante parce que la productivité est encore très faible, vu que les techniques et les moyens de production ne se sont pas développés dans ce secteur.

Si on prend en moyenne de 2 - 4 enfants qui héritent de la terre par famille (régime foncier) on voit qu'en peu de temps, la propriété familiale d'environ 1 hectare ne sera que réduite en dimensions absolument microscopiques incapables de nourrir une famille comme nous la connaissons chez nous (6 - 10 personnes).

Or, la petite exploitation individuelle devient anachronique dans les conditions actuelles d'exploitation des terres. L'émiettement des terres qui va de pair avec le plan de production propre à chaque paysan s'oppose à l'introduction des techniques de lutte antiérosive à grande échelle et l'utilisation des produits phytopharmaceutiques pour la défense des cultures.

Chose étrange, c'est que les siècles passés, le Rwanda était couvert de diverses formations forestières humides et sèches, de l'AKAGERA à la Crête.

Les hommes se sont attaqués à cette forêt pour y pratiquer l'agriculture itinérante et y créer des pâturages extensifs. Malgré une faible mobilité sociale, une synthèse technologique s'est lentement opérée. L'évolution semble avoir d'abord porté sur l'abandon de la longue jachère forestière pour la jachère herbacée plus courte, sur la destruction de la forêt mosophile instable pour les pâturages et sur la création de la parcelle intensive de case profitant de l'enrichissement humique et d'un micro-climat humide et ombragé par la bananeraie et ses cultures intercalaires.

La synthèse réalisée permettait ainsi une agriculture sèche à jachère herbacée, bananeraie intensive et un tout petit jardin de case associé. Le bas fonds connaissaient aussi un début de mise en valeur par une agriculture irriguée suivie de la jachère pâturée. Mise à part les jachères pâturées de marais et de colline, l'élevage extensif, à finalité extra-économique, n'a jamais été réellement intégré à l'agriculture car ne lui fournissant ni fumier ni travail. Mais la fumure directe des jachères et les déjections accumulées par le bétail lors des nuits passées dans l'enclos ne pouvaient manquer d'être bénéfique au maintien de la fertilité des sols.

PERTURBATION DU REGIME DES EAUX

Au problème de dégradation des sols, et de déforestation est intimement lié celui du régime des eaux qui se trouve profondément modifié dans les zones dégradées par l'homme.

L'action humaine a, sur l'équilibre hydrique de nos régions érodées, des répercussions particulièrement graves de trois ordres différents quoique intimement liés :

- Assèchement progressif voire désertification des zones;
- Inondations et accumulation désordonnée et incontrôlable des matériaux arrachés dans les bassins supérieurs des réseaux hydrographiques.

L'eau a, d'une manière générale tendance à fuir les régions érodées, car le sol privé de son couvert végétal et modifié dans sa structure perd ses propriétés physicochimiques capables de la tenir.

En effet, le ruissellement tend à organiser sur toute la région un réseau hiérarchisé et cohérent d'écoulement torrentiel, disséquant les pentes, remployant les bas fonds et adoucissant les ruptures de pentes du profil longitudinal.

Ce modèle se répercut sur l'écoulement, car les profonds revins, en entaillant les couches superficielles, font descendre le niveau de la nappe phréatique, du fait qu'au niveau des zones érodées, une proportion considérable des précipitations ne s'infiltrer pas dans le sol mais n'écoule immédiatement.

Il en résulte un assèchement progressif des horizons supérieurs, entraînant un appauvrissement de la balance hydrique et pas encore, l'homme prélève de plus en plus d'eau pour ses multiples besoins.

Pendant les fortes pluies, le sol saturé ne peut plus retenir les précipitations dont une partie importante s'écoule ainsi directement vers l'aval déterminant la crue des rivières.

C'est un phénomène naturel, mais les zones érodées sont par essence le théâtre de crues d'amplitude considérable car le puissant régulateur constitué par les sols et la végétation n'est plus capable d'amortir et d'étaler les efforts des fortes précipitations.

L'alternance de la montée des crues et de la baisse des eaux entraînent une plus grande torrentiabilité du régime d'écoulement qui aboutit à l'évacuation du débit annuel entier en quelques mois avec pour corollaire un assèchement presque complet du lit pendant le reste de l'année.

Les matériaux arrachés par les eaux de ruissellement et les cours d'eau au niveau des bassins supérieurs sont transportés vers l'aval où ils se déposent en partie.

Quant le volume des corps solides transplantés devient démesuré, l'accumulation devient disproportionnée et ces

Sans dire que le pays doit aujourd'hui faire face à un grave problème de dégradation des sols en dépit de leur fertilité naturelle, la croissance rapide de la population implique que de plus en plus de terres, devront être plantées en cultures vivrières, c'est-à-dire que de moins de terres seront disponibles pour les cultures d'exportation, qui sont la principale source de devises. La concurrence que se font donc les cultures vivrières et celles d'exploitation pour l'utilisation des terres est un problème qui revêt de plus en plus une importance capitale.

B. Deforestation

Les forêts du Rwanda constituent une de ses grandes ressources. Le bois est la principale source d'énergie utilisée pour la cuisine et le chauffage. Il est aussi utilisé pour le bâtiment et la construction des industries rurales. Les forêts constituent également l'habitat naturel de la riche faune du Rwanda.

Néanmoins, les forêts du Rwanda autrefois immenses sont actuellement détruites à un rythme très rapide, au fur et à mesure que la population augmente, faisant ainsi place aux zones d'agriculture et d'élevage.

La terre se fait rare de manière que les forêts sont éclaircies pour créer des exploitations, et les nouveaux exploitants ont tendance à planter toutes les terres cultivables sans laisser aucune zone boisée.

Le déclin rapide des forêts et l'ampleur de la demande énergétique se traduisent par une pénurie croissante de bois à brûler.

Selon les statistiques récentes, la surface forestière diminue de 1.000 à 2.000 ha/an soit environ 1% de l'étendue forestière totale. Ce chiffre augmente évidemment avec l'accroissement de la population.

D'après certaines estimations, les zones boisées et les parcelles à bois destinées à fournir du bois à brûler pour la consommation permettent en réalité de satisfaire environ 10% seulement de la demande, ce qui indique l'importance de la demande de bois à brûler comme celle des coupes illégales.

Dans les zones urbaines, le bois à brûler coûtant de plus en plus cher, une proportion plus grande des ressources familiales spécialement dans les milieux pauvres est consacrée à l'énergie.

Par conséquent, étant donné la croissance démographique, il semble inévitable que la demande de bois dépassera de beaucoup la capacité des forêts, ce qui veut dire que les pressions exercées actuellement sur les forêts rwandaises continueront de l'être sans relâche si les tendances ne changent pas. Ceci représentera alors un déficit impressionnant pour l'effort du développement national.

ne suit pas celui de l'accroissement démographique et le poids de la pression se fait sentir de plus en plus.

V. Degradation des ressources naturelles conséquence de la pression démographique

Avec la reconversion de nombreux pâturages en culture et la mise en valeur plus poussée des vallées à fond alluvial, le renforcement de l'occupation humaine des pentes des collines (aussi bien celles qui s'élèvent vers les crêtes que celles qui glissent vers les talwegs), est l'une des formules qui depuis vingt ans a permis aux vieilles campagnes rwandaises de faire face à une augmentation moyenne de 100 habitants au kilomètre carré (soit environ vingt exploitation de plus).

L'occupation généralisée des versants remet en cause l'équilibre morphologique du Rwanda et peut conduire à une grave dégradation du capital pédologique et hydrologique du pays. La menace porte à la fois sur le potentiel de production agricole des pentes et sur les régimes d'alimentation, de transport et d'accumulation des rivières. Les déséquilibres hydrologiques sont d'autant plus à redouter qu'ils peuvent compromettre ou, en tout état de cause, compliquer la mise en valeur des marais, des vallées et des lacs. Or, ce domaine géographique déjà bien utilisé, est l'un des rares éléments territoriaux encore disponible pour le développement national.

A. Disponibilité des terres

Actuellement, chaque exploitation agricole familiale (EAF) couvre en moyenne 1ha et fait vivre environ 3 à 6 personnes soit à peu près 37 ares par personne.

En tenant compte qu'une grande partie du pays est recouverte de lacs, de forêts et de marais ou réservée aux parcs nationaux et aux terrains de chasse, on peut constater qu'environ 1,3 million d'hectares seulement conviennent à l'agriculture ou à l'élevage.

Sur cette superficie disponible, 850.000 hectares étaient mis en culture en 1976, le reste utilisé comme pâturages naturels. Or, étant donné la surface moyenne des exploitations agricoles familiales et en supposant le maintien du taux historique d'exode rural, il n'est possible de créer qu'environ 2,3 millions de personnes, alors que si on veut suivre le rythme de l'accroissement rapide de la population, il faut créer plus de 1,6 million de nouvelles EAF d'ici l'an 2012 (group rapid 1981).

La superficie des EAF est donc de plus en plus réduite à cause de la croissance démographique rapide puisque leur surface moyenne continue à diminuer même si toutes les terres qu'il serait possible de cultiver deviennent disponibles.

E. Insuffisance des minerais non combustibles

Comme c'est le cas pour les autres ressources naturelles les tendances des minerais non combustibles accusent des accroissements constants de la demande et de la consommation. Si on ne va pas s'attarder à cette catégorie de ressources, c'est que les recherches dans ce domaine sont encore à leurs phases initiales.

Jusqu'aujourd'hui, l'on a tendance de dire que le sous-sol rwandais. Est-ce vrai ou faux, on ne peut pas l'affirmer. Cependant, la consommation de tous les grands produits dont se servira la fonderie et celle des produits miniers servent à fabriquer des engrais devraient s'accroître remarquablement pour représenter un taux plus élevé que tous les autres principaux produits essentiels.

Il faudra donc intensifier des recherches et des investissements pour maintenir aux niveaux souhaitables la production de plusieurs produits miniers.

Mais étant donné que la production d'un grand nombre de minerais non combustibles fait appel à un élément important d'énergie, on peut s'attendre et même affirmer que leur expansion sera ralentie suite aux possibilités limitées du pays.

VI. Approches de solutions

Face aux problèmes posés par la pression démographique sur les ressources, certaines solutions sont à proposer. Elles ne sont ni originales ni nouvelles. Pour réussir, il faut qu'elles tiennent compte des valeurs culturelles du peuple rwandais.

Ainsi, une politique nationale qui est une action du Gouvernement, est conçue pour modifier les tendances actuelles en vue d'atteindre les objectifs nationaux dans l'intérêt du bien-être national. Cette politique vise essentiellement à améliorer les conditions de vie et à prolonger la vie des citoyens.

Les solutions que nous allons suggérer ont pour but principal éviter que le pays ne devienne surpeuplé sans que le peuple n'ait pris ses précautions.

Notre objectif est surtout de rechercher comment lever le déséquilibre entre l'accroissement démographique et la croissance économique afin de maintenir et promouvoir l'harmonie de la nation dans le cadre du plan national de développement et sauver ainsi l'environnement.

Dans ce sens, nous pensons que :

- la création d'un conseil ou d'un Bureau Technique multidisciplinaire, serait une des mesures politiques que prendraient les autorités rwandaises pour envisager des études approfondies des questions relatives à l'interaction "Population/ Ressources Environnement" dans notre pays.

L'objectif principal de ce conseil ou de ce Bureau serait de chercher des solutions possibles et efficaces aux problèmes liés à ces trois éléments et de les proposer aux instances chargées de l'exécution.

- On doit accorder une haute priorité à l'évaluation minutieuse de la politique étrangère et nationale concernant les questions de la population/ressources naturelles.

En effet, une plus grande coopération avec divers pays s'impose pour renforcer les mécanismes destinés à protéger et à utiliser équitablement notre patrimoine, "le sol", bien commun de tous les rwandais.

Il va sans dire que pour relever les déficits, nous devons améliorer notre capacité de reconnaître les problèmes imminents et d'évaluer des diverses façons de les résoudre.

- Dans tout le pays, on devrait poursuivre la politique générale visant à stabiliser la population, à conserver les ressources naturelles et à protéger l'environnement.

Cette action se poursuivrait au niveau des Communes (au sein des C.C.D.F.P.), étant donné que la Commune constitue un grand pilier pour le développement national.

On pourrait même signaler avec satisfaction qu'il existe un système de participation qui, à notre avis, serait d'une importance capitale, s'agissant d'un système de mécanisme d'auto-direction et d'auto-gestion de toutes les catégories de la population active, celui-ci devant se baser sur :

1. La participation directe des travailleurs à la discussion des problèmes du développement économique et social du pays, à l'élaboration des décisions concernant le perfectionnement de la direction et de l'organisation des entreprises;
2. La véritable participation de tous les organes de l'Etat, de tout le peuple entier aux projets du Plan Quinquenal s'impose.

Il faut renforcer certaines actions susceptibles de rehausser le niveau de vie de chaque citoyen rwandais et la qualité de la vie :

- 1°. La multiplication des emplois par la création de diverses industries et des coopératives;
- 2°. La planification familiale, chaque famille devant avoir un nombre d'enfants qu'elle sera capable de nourrir, habiller et éduquer;
- 3°. L'organisation d'une agriculture intensive et d'une haute productivité qui constitue un facteur définitif pour le développement économique et social;
- 4°. La réforme agraire et le regroupement de l'habitat;
- 5°. La réforme scolaire et l'amélioration du secteur médical;
- 6°. L'organisation de l'infrastructure socio-sanitaire et communautaire.

Enfin, il faudrait oeuvrer dans le sens de prévoir des grandes perturbations du commerce national à la suite des conflits sociaux des pays limitrophes, des remous du système monétaire ou des troubles politiques.

10. Encourager l'adoption des techniques de remplacement y compris l'utilisation de l'énergie solaire, de la tourbe et du gaz méthane et prévoir des mesures de conservation;

20. Chercher tous les moyens susceptibles de réduire les dépenses des sols pour que la production agricole se maintienne aux niveaux actuels ou mieux encore, chercher à accroître cette production.

30. Encourager l'emploi grandissant de variétés de plantes à rendement élevé, d'eau pour l'irrigation, l'herbicides et de pesticides pour contrebalancer l'appauvrissement fondamental des sols.

Cependant, toutes ces solutions ne peuvent aboutir que si la primauté du Mouvement Révolutionnaire National pour le Développement (M.R.N.D.) est traduite réellement dans les faits, tant sur le plan théorique que sur le plan pratique, en déterminant d'une façon claire, l'orientation générale de la population nationale en matière de l'environnement.

VII. Conclusion

Avec une population de plus de 5 millions d'individus sur un territoire étroit (26.338 km²), le Rwanda est le pays le plus densément peuplé de l'Afrique Continentale. Cette population est essentiellement rurale (96% de la population totale) et le taux d'alphabétisation n'étant que 23%.

Enclavé au coeur de l'Afrique, avec des ressources anturelles très limitées, le Rwanda connaît des problèmes économiques très graves. La configuration du relief, le régime et la colonisation des terres impropre à l'agriculture accélèrent le processus d'érosion hydrique et la dégradation des sols. Combiné avec la rareté des terres arables, cela conduit à la réduction de la production agricole avec toute ses conséquences.

Le Rwanda connaît également un accroissement démographique très élevé (3,7%), ce qui laisse présager un avenir incertain pour le peuple rwandais, dont le chiffre avoisinera 11 millions à la fin du siècle. Cet accroissement, qui se fait au détriment du monde rural, aura pour résultat une pénurie alimentaire très grave, que même l'aide alimentaire mondiale ne pourra pas compenser.

Enfin, le mode d'habitat dispersé, avec ses conséquences (morcellement des terres et réduction des terres arables), aboutit à un gaspillage des terres arables, s'avère très onéreux pour l'acquisition des infrastructures socio-économiques, rend impossible l'introduction des techniques anti-érosives à grande échelle, et l'utilisation des techniques modernes d'une agriculture intensive.

De ce qui précède, il va sans dire que, la planification familiale, le regroupement de l'habitat et la réforme agraire peuvent contribuer efficacement à l'amélioration et à la protection de l'environnement, au relèvement de notre économie et au bien-être de nos masses.

Malgré les initiatives privées et gouvernementales, si importantes soient-elles, le problème reste délicat et une action complémentaire de grande envergure s'impose de façon catégorique pour:

- alléger le déséquilibre actuel entre l'accroissement démographique et les ressources disponibles;
- combattre la dispersion exagérée de l'habitat;
- doter la population d'une infrastructure socio-sanitaire et communautaire viable;
- promouvoir l'emploi et améliorer l'agriculture;
- lutter contre la spéculation immobilière, etc...

Cependant, pour mieux établir une politique de développement harmonieux, il faudrait procéder à une étude rigoureuse des secteurs de développement et de la conception exacte de la population sur la planification familiale.

En effet, la planification familiale ne peut pas suffire pour préserver le Rwanda de l'impasse dans lequel il risque de se plonger. Le développement économique du pays par la création des communautés villageoises du type coopératif et l'exécution des plans rationnels de développement industriel doivent accompagner la planification familiale.

En définitive, le meilleur moyen d'essayer de résoudre le problème du développement national, consiste à s'efforcer de freiner constamment la croissance démographique excessive, tout en accélérant la formation du capital; ce qui accroîtrait le revenu national.

Néanmoins, les moyens et les modalités de freiner cette croissance démographique doivent être conformes aux réalités socio-culturelles du peuple rwandais.

D'autre part, les changements des structures agraires, tant au niveau de la production du secteur primaire que l'habitat nécessitent, comme nous l'avons souligné, un cadre politique mobilisateur, ainsi qu'un cadre technique approprié. Ces changements constituent une base indispensable pour le décollage économique du Rwanda, par l'accumulation de capitaux à investir dans les secteurs secondaires.

Pour réaliser la réforme agraire, le regroupement de l'habitat et les différentes tâches nécessaires à l'amélioration de l'exploitation de la terre, il est évident que la population doit être politiquement consciente à la suite d'une conscientisation à tous les niveaux.

Pour ce faire, la campagne de sensibilisation doit recourir à la vérité comme seule arme de persuasion. Elle ne doit donc rien cacher de l'ampleur des problèmes qui se posent au Rwanda, des difficultés à les résoudre et des efforts à fournir pour construire le nouveau monde d'organisation sociale et du travail.

C'est le peuple qui doit élaborer les solutions appropriées, après compréhension des problèmes et des solutions suggérées.

Ici, nous voulons souligner qu'il ne faut pas s'y tromper en disant que le peuple rwandais est marqué d'inertie, et ne peut pas comprendre les réformes proposées, puisque notre population est en mesure, s'elle reçoit des explications sans détour, de comprendre les impératifs de construction de son avenir et d'y parvenir par son travail.

Parmi les solutions à envisager, nous insistons sur la nécessité d'une politique démographique visant à planifier les naissances, en tenant compte des conditions spécifiques du pays, la création des emplois et surtout le regroupement planifié de la population. Ce dernier point permettra la protection des sols, l'introduction d'une agriculture intensive et la solution de certains problèmes socio-économiques.

VIII. Bibliographie

- Alexandre Rosu : Geografia mediului inconjurator;
Edition Didactique et Pédagogique,
Bucarest
- De Lapierre P. : Disponibilité et utilisation des terres au
Rwanda,
Bulletin agricole du Rwanda, 1974
- Maria Chitu : Resursele naturale si dezvoltarica
Contemporana, Bucarest 1978
- NEZEHOSE J.B. : Intensification de l'agriculture au Rwanda,
Bulletin agricole du Rwanda, Paris 1979
- NDUWAYEZU J.D. : Population et Environnement au Rwanda : 13 p.;
Séminaire, Naïrobi 3-9 Décembre 1978
- Prioul Chr. : Les densités de population au Rwanda;
Atlas du Rwanda, planche XVI
- Rwanda : Recensement général de la population et de
l'habitat, résultat préliminaire : Présidence
de la République, 1978
- Van de Walle E. : "Incidence des hausses de la densité rurale" in
OMIDESH et EJIGU, l'accroissement de la popu-
lation et l'avenir économique de l'Afrique,
The population council 245, Park Avenue N.Y.
10017 U.S.A.

Le monde à l'horizon 2000; Rapport au Président à l'aube du
21ème siècle, volume 2 et 3, rapport technique
Washington : Government Printing Office 1980

SIBOMANA J.M.V. : Les structures socio-économiques et démogra-
phiques du Rwanda présentent-elles un besoin
urgent de politique de la population ?
Manuscrit sur les nouvelles approches de
développement économique et social susceptibles
d'améliorer les conditions d'existences et de
bien-être de la population rwandaise.

Chapitre IV :

TROISIEME SESSION

USAGE ACTUEL DE L'ENERGIE

1. Utilisation de l'énergie en milieu rural
Par KARENZI Pierre Claver
 2. Production et Consommation du Charbon de bois :
Une pression urbaine.
Par BAHIGIKI Emmanuel
 3. Le Système Energétique du Rwanda et les Perspectives
d'Avenir
Par BALINDA Jean Bosco
 4. Utilisation du bois au Rwanda
Par STAEBLER Jacques D.
 5. Production et Consommation de l'Electricité
au Rwanda
Par NDEKEZI Innocent
 6. Un boisement bien suivi constitue une source
d'Energie Renouvelable
Par MUTUNGI REHE Isafe
-

1/11

UTILISATION DE L'ENERGIE EN MILIEU RURAL ET URBAIN AU RWANDA

Par KARENZI Pierre Claver
Professeur à la Faculté des Sciences
U.N.R. - BUTARE
B.P. 117 BUTARE - RWANDA

Résumé

Le but de l'exposé est de présenter une évaluation des besoins en énergie basée essentiellement sur une enquête menée en 1981 en milieu rural et dans quelques Centres urbains.

L'énergie utilisée au Rwanda sert principalement à la cuisson des aliments, au transport des personnes et des biens ainsi qu'à l'éclairage.

Les principaux secteurs de consommation d'énergie dans le pays sont respectivement : les milieux ruraux, les milieux urbains, les institutions communautaires, les industries, les transports et les briquetteries. Les données relatives à la consommation dans chacun de ces secteurs seront présentées. Il ressort de ces données que le milieu rural est le principal consommateur et que la grande partie de l'énergie utilisée sert à la cuisson des aliments.

La source d'énergie la plus utilisée est le bois de chauffage sous diverses formes. Quoique renouvelable, son exploitation non planifiée peut conduire à la dégradation de l'environnement.

Y a-t-il d'autres habitudes à prendre ou d'autres ressources d'énergie qui pourraient être utilisées afin de réduire la menace qui pèse sur notre environnement sans pour autant accroître inutilement notre dépendance vis-à-vis de l'extérieur en matière énergétique ?

Les besoins énergétiques en milieu rural

I. Introduction

Planifier le secteur de l'Energie suppose la connaissance préalable des besoins ainsi que l'évaluation du potentiel énergétique. Nous nous sommes intéressés au premier aspect relatif aux besoins.

Plusieurs études ont été menées en vue d'évaluer les besoins énergétiques au Rwanda particulièrement en milieu rural. Nous nous intéresserons à deux d'entre elles : Celle menée par

BYAMUKAMA Laurent dans le cadre du CRAFOP et du CEAER, ainsi que celle menée par le BUNEP et collaboration avec l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.

Comme il ressort des résultats de ces études de 90% de la consommation d'énergie au Rwanda va au milieu rural. Cette énergie qui est consommée sous forme de chauffage est essentiellement renouvelable. Le but de cette communication est de présenter les techniques utilisées pour évaluer la consommation en milieu rural et de discuter les grandes lignes d'une planification dans ce secteur.

2. Travail réalisé par le Bureau National d'Etudes et Projets (BUNEP) en collaboration avec l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

Une étude de la situation énergétique du Rwanda en vue de la formulation d'un Plan Directeur d'Electrification a été confiée à l'EPFL et au BUNEP en 1981.

La première étape de cette étude est déjà achevée et contient entre autres le bilan énergétique du pays (1980) en spécifiant la consommation par genre d'habitats, par types d'énergie et par secteurs d'utilisation. Les deux tableaux ci-après donnent les principaux résultats :

Tableau I : Consommation d'énergie finale suivant les secteurs d'activité

		Gwh	%
Secteur "Habitat"	rural disséminé	13553	94,9
	centres ruraux	297	
	centres urbains	537	
Secteur "Industrie"		238	1,6
Secteur "Services"		153	1,0
Secteur "Transports"		388	2,5
		<u>15166</u>	<u>100</u>

Tableau II : Consommation selon les agents énergétiques primaires

	Gwh	%	
Bois et déchets végétaux	15120	95,9	
Mazout	165	1,0	
Essence	271	1,8	
Pétrole	81	0,5	
Electricité importée	48	0,3	
Hydro-électricité	23	0,2	
Autres	48	0,3	
		<u>15761</u>	<u>100</u>

3. Travail de Byamukama Laurent

Au moment où ce travail a été entrepris nous ignorions qu'une étude semblable était en cours.

En ce qui concerne particulièrement le milieu rural une méthode originale d'évaluation des besoins a été développée.

a) Enquête en milieu rural

Une enquête a été menée sur des échantillons de population choisis dans 15 communes du pays à raison d'au moins une commune par préfecture.

L'enquête avait pour but de déterminer la quantité d'aliments de base consommés et leur rythme de cuisson. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III : Comparaison des compositions mensuelles par préfecture et par ménage de taille moyenne.

Préfecture	Taille moyenne (personnes)	Haricots (kg)	Bananes (kg)	Patates (kg)	Pomme de terre (kg)	Manioc
Butare	4,38	18		67	28	48,83
Byumba	4,71	29		111	41	
Cyangugu	4,43	24	76	47		
Gikongoro	4,60	19		87	29	28
Gisenyi	4,57	22	44	58	34	
Gitarama	4,94	17		124		13
Kibungo	4,48	18		51	127	
Kibuye	4,60	21		89		30
Kigali	4,53	17		101	27	
Ruhengeri	4,61	27	79	42	42	

b) Energie dépensée pour la cuisson dans un foyer traditionnel

Après avoir recueilli les données de base dans la cuisine en milieu rural, Monsieur Byamukama Laurent s'est employé ensuite à construire et à étudier le foyer ainsi que les quantités de chaleur nécessaire à la cuisson des principaux aliments de base à savoir les haricots, les patates douces et les pommes de terre.

Les résultats de l'étude expérimentale du foyer traditionnel ont été appliqués au calcul de l'énergie consommée pour la cuisson des divers denrées alimentaires. Pour chaque préfecture un tableau analogue au suivant a été construit.

Tableau IV : Consommation d'énergie pour la cuisson des aliments de base en préfecture de Butare.

Nature	Cons.moy.par ménage/mois en kg	Consomm. annuelle en Kg	Consomm. énerg/ann 10 ³ Kcal	Consom. totale sans pertes 10 ⁹ Kcal	Consom totale + pertes 10 ⁹ Kcal
Hari cots	18	222	1013	132	1184
Patates douces	67	804	473	62	412
Pommes de terre	28	336	306	40	283
Manioc	19	226	205	27	189

Dans le calcul final de l'énergie consommée pour la cuisson en milieu rural, compte a été tenu des denrées complémentaires telles que les bananes, les petits pois, le maïs etc...

c) Consommation d'énergie en milieu urbain, dans les institutions publiques et dans le secteur du transport

L'énergie consommée pour la cuisine en milieu urbain est relativement facile à évaluer. En effet les citadins achètent soit du bois, soit du charbon de bois pour leur cuisine. Ils ont donc une idée précise de leur consommation.

De même les institutions publiques telles que les écoles, les usines, les prisons et les sociétés possèdent généralement leurs chiffres de consommation énergétique qui ont été relevés.

Enfin, l'énergie utilisée dans le secteur du transport a été déterminée à partir des données du Ministère de l'Economie et du Commerce.

d) Consommation énergétique totale

Milieu rural - chauffage	$17 \cdot 10^{12}$ Kcal	84%
- éclairage	$0,2 \cdot 10^{12}$ Kcal	1
Milieu urbain	$1,2 \cdot 10^{12}$ Kcal	6
Institutions publiques: - établissement	$0,03 \cdot 10^{12}$ Kcal	
- prisons	$0,05 \cdot 10^{12}$ Kcal	
Industries	$1,03 \cdot 10^{12}$ Kcal	5
Transport aérien	$0,02 \cdot 10^{12}$ Kcal	

Transport terrestre	$0,2 \cdot 10^{12}$	1
Total	$20,2 \cdot 10^{12}$	100

4. Comparaison des résultats des deux études

	<u>BUNEP/SPFL</u>	<u>CEAER/CRAFOP</u>
	Kcal	Kcal
Secteur habitat	$12,4 \cdot 10^{12}$	$18,4 \cdot 10^{12}$
Secteur Industries et Services	$0,3 \cdot 10^{12}$	$1,1 \cdot 10^{12}$
Secteur transport	$0,3 \cdot 10^{12}$	$0,2 \cdot 10^{12}$
Consommation totale	$13 \cdot 10^{12}$	$19,7 \cdot 10^{12}$

Les deux travaux montrent clairement que le secteur de l'habitat comprenant essentiellement la cuisson des aliments est le plus grand consommateur d'énergie : plus de 90% de la consommation.

L'énergie consommée est sous forme de bois de chauffage ou de résidu agricole. Si l'on ramène cette consommation à l'habitant et par an on a 1,3 à 2 stères par personne et par an soit 0,8 à 1,2 m³ de bois sec.

5. Disponibilité en bois de chauffage face aux besoins

Plusieurs études ont montré la situation déficitaire du pays en ce qui concerne le bois de chauffage (5,6,7,8). Les résultats présentés ici confirment cette situation.

Si l'on reprend le chiffre moyen de 1 m³ de bois par habitant et par an et que l'on considère qu'un hectare de forêt produit 60 stères (8) soit 36 m³, alors on constate qu'il faut utiliser tous les 150.000 ha de forêts disponibles pour satisfaire aux besoins du pays pendant un an.

Il est grand temps de sonner l'alarme surtout que sur le plan de l'environnement la pression actuelle peut être lourde de conséquences.

6. Quelques perspectives d'avenir

Les grands remèdes ont été proposés et des programmes courageux et intéressants sont en cours.

Soulignons quand-même quelques axes à exploiter.

1) Une forte campagne de sensibilisation est nécessaire pour faire prendre conscience à la population de la gravité du problème. Ceci devrait être d'autant plus efficace que le Président de la République lui-même a consacré cette année 1983 "Année de l'Arbre" et que le Gouvernement est très au courant des problèmes énergétiques que nous affrontons.

2) Il faut reboiser.

Comptant en moyenne 6 personnes par familles rwandaises, il faudrait 6 m³ en moyenne par famille par an soit une plantation de 1/6 ha de bois par famille.

S'il faut 10 ans pour qu'un arbre d'Eucalyptus vienne à maturité cela suppose qu'il faudrait compter $\frac{10}{6}$ ha soit 1,7 ha

de forêt en moyenne par famille. C'est à mon avis, l'objectif que doivent viser les communes et le Gouvernement car ceci est en dehors de la portée individuelle.

3) Il faut économiser le peu de bois disponible

a) En introduisant les foyers améliorés

b) En introduisant l'utilisation du biogaz

c) En exploitant davantage l'énergie solaire et l'hydro-électricité

d) En améliorant les fours à cuisson de charbon de bois.

4) Faire une étude approfondie des habitudes alimentaires rwandaises pour suggérer une composition des repas équilibrés au point de vue nutritionnel et économiques au point de vue énergétique.

5) La tourbe et le méthane ne devraient être exploités qu'après études minutieuses des implications de cette exploitation sur l'environnement.

BIBLIOGRAPHIE

1. GATERA Frédéric, "Le bois et le charbon de bois dans la Commune de Nyarugenge" Mémoire de Licence en Histoire Géographie, U.N.R. - BUTARE 1979
 2. Fr. Bart, "Le paysan rwandais et l'énergie", U.N.R., 1980
 3. BYAMUKAMA Laurent, "Les besoins énergétiques du Rwanda", Mémoire de Licence en Physique-Mathématique U.N.R. - BUTARE, 1982
 4. "Rwanda : Problèmes et choix énergétiques", Rapport d'une mission du PNUD - Banque Mondiale, 1982.
 5. "Etudes du Secteur Energétique au Rwanda", BUNEP et EPFL, 1982.
 6. Evaluation du projet de développement agro-pastoral intégré, Banque Mondiale, Rapport n°2868 a-RW
 7. J.P. Sorg, Bulletin Agricole du Rwanda, 13, 4, 1980
-

PRODUCTION ET CONSOMMATION DU CHARBON DE BOIS : UNE PRESSION URBAINE.

Par BAHIGIKI Emmanuel
Professeur Assistant
à la Faculté des Sciences
Economiques, Sociales et de
Gestion
U.N.R. - BUTARE
B.P. 117, BUTARE - RWANDA

Résumé

80% des ménages de la ville de Kigali, une bonne partie de ceux de Butare et la fonderie d'étain de Karuruma (SOMIRWA) consomment de grandes quantités de charbon de bois.

Mais ce charbon devient rare d'année en année et le consommateur le ressent par une montée vertigineuse des prix. De 1979 à 1982, il a été multiplié par 3,5 fois à Kigali, et certaines familles lui consacrent désormais 25% de leurs revenus.

La carence à Kigali est due à la disparition quasi totale de la savane de Bugesera, jusqu'ici, principale région de production. Disparition de la savane, mais apparition de déséquilibres écologiques causés par la perturbation de l'environnement par l'homme.

Plan sommaire :

- 1) Production: -lieux
-quantité
- problèmes connexes (environnement, population ...)
 - 2) Consommation:
 - lieux
 - Quantités
 - types de consommateurs et problèmes connexes
 - 3) Prix :
 - à la production
 - part du commerçant
 - à la consommation
 - 4) Conséquences sur les ménages: part dans le budget familial
-

1. La production et ses conséquences écologiques.

La fabrication du charbon de bois est assez récente au Rwanda, et elle est liée à un autre phénomène aussi récent, l'avènement de centres urbains, particulièrement la croissance rapide de la capitale Kigali depuis les années 60. De 6 000 en 1962, celle-ci a actuellement dépassé les 100 000 habitants.

La première fabrication de ce combustible daterait de 1956 à Karuruma près de Kigali (IMVAHO no 372). Elle serait l'oeuvre de l'autorité coloniale belge qui vendait le produit aux fonctionnaires de l'Etat à 50 F le sac. Le peuplement rapide de la capitale a entraîné des problèmes d'approvisionnement en combustibles pour les nouveaux ménages urbains. Le bois de chauffage devenait de plus en plus rare et cher !

Cependant dans les environs immédiats de Kigali existaient encore au début des années 60, des savanes arbustives en cours de colonisation intensive, dans le paysannat de l'Icyanya (Communes Rubungu et Kanombe). Ces arbres de savane, peu utilisés pour la combustion directe, sont bien indiqués pour la production du charbon. A cause de sa plus grande disponibilité, celui-ci remplaça rapidement le bois mais aussi parce que :

- il est moins encombrant (pouvoir calorifique plus élevé)
- il est d'utilisation plus facile et plus confortable, mieux adaptée à l'habitat urbain (moins de fumées, déplacement facile du brasero "imbatura").

L'industrie du charbon de bois connut un grand essor à partir de 1964. Cela est dû d'une part à la demande de Kigali rapidement croissante; d'autre part les défricheurs de la savane de l'Icyanya et du Bugesera y trouvent des revenus monétaires supplémentaires aux revenus des productions agricoles. Actuellement la savane de ces deux régions a presque complètement disparu sous la poussée de ce flot humain.

Ces dernières années, la région du Bugesera a été le plus gros fournisseur de charbon à la ville de Kigali. Elle se situe au sud de la capitale, de l'autre côté de la Nyabarongo, et est composée des Communes Kanzenze, Gashora et Ngenda. Elle s'étend sur une superficie de plus ou moins 1283 km².

Il y a seulement quelque 15 ans le Bugesera était encore une savane densément arbustive. Actuellement la forêt ne subsiste que sur quelques hauteurs (telle que Juru) ou dans des domaines protégés (Camp militaire). Tout a été décimé par le feu, la houe et la serpette de l'homme qui cherchait des terres de culture, mais aussi qui fabriquait du charbon de bois.

La localisation de cette industrie charbonnière suit donc l'installation des pionniers paysans et dure 3 à 4 ans, le temps d'exterminer tous les arbres environnants. Actuellement 90% du charbon du Bugesera provient de la Commune Gashora, plus particulièrement sa partie EST (JURU) qui a encore des vestiges de forêt claire, mais qui est littéralement saccagée par les paysans chercheurs de terrains et fabricants de charbon. Les plus optimistes des prévisions pensent qu'elle fournira encore du combustible à Kigali jusqu'en 1985 (GATERA p.80).

Des quantités moindres de charbon (10%) proviennent d'autres régions du Bugesera, elles sont fabriquées à partir d'arbres restés ici et là ou même des racines d'arbres abattus.

On rencontre aussi autour de Kigali (Rutongo, Bicumbi...) quelques productions peu importantes. Il semble plutôt que la savane de Kibungo entourent le Parc National de l'Akagera (Communes Rusumo, Kayanza ...) soit entraîné de remplacer le Bugesera comme principal fournisseur de charbon à la capitale.

Les alentours de la ville de Butare produisent aussi une certaine quantité de charbon pour satisfaire la demande des ménages urbains (et certaines écoles), bien que la plupart de ceux-ci fassent surtout usage du bois.

La disparition de la savane du Bugesera n'est certes pas attribuable à la seule fabrication du charbon de bois, loin s'en faut ! Celle-ci a toutefois sa part de responsabilité qu'il convient de souligner ici.

Les 5250 sacs de charbon acheminés à Kigali par mois en 1977 (GATERA p.83) correspondent à la disparition de 65 ha de forêt, soit 32.500 arbres disparus à jamais, soit 1.440 ha de forêt - savane du Bugesera détruite par an. Cette destruction de l'environnement naturel par la fabrication du charbon trouve une explication partielle dans les méthodes mêmes de cette fabrication, qui ont un rendement très faible. En effet une stère de bois (525 kg) ne donnerait qu'un sac de 35 à 40 kg de charbon, soit un rendement énergétique de 13 à 15%.

Voici l'ampleur des dégâts sur le milieu physique et écologique provoqués par la production de 40 - 50 sacs de charbon, l'équivalent d'un chargement d'une seule camionnette TOYOTA (Runyinya p. 76) :

- 1) Abattage systématique de tout arbre sur une étendue de plus ou moins 1/2 ha.
- 2) Création de critères noircis à l'endroit de l'orientation de foyers de charbonnage condamnant ainsi pour longtemps les espèces autres que pyrophytes sur un rayon de plus ou moins 5 - 6 m.
- 3) Destruction des espèces herbacées par arrachage de mottes de terre pour couvrir les foyers de charbon. Il en faut plusieurs centaines de mottes de terre compactes pour couvrir un seul foyer.
- 4) Arrachage des feuilles et des rejets de souches d'arbres abattus pour fermer les sacs de charbon avant de les charger sur camionnettes ...

2. La consommation

Le lieu par excellence de consommation du charbon de bois est la ville de Kigali. D'après l'enquête réalisée par GATERA en 1977, 80,9% des ménages de la capitale faisaient la cuisine au charbon. Voici la part des différentes sources énergétiques dans les cuisines de Kigali :

<u>Sources d'énergie</u>	<u>Ménages utilisateurs</u>
- charbon de bois	80,9 %
- bois	10,1 %
- électricité et/ou gaz	7,5 %
- ramassage	8,2 % (GATERA p.27)

Ces chiffres, dont la sommation est supérieure à 100 %, laissent entendre que certains ménages, tout en utilisant essentiellement le charbon, recourent aussi à d'autres sources énergétiques.

Actuellement, 5 ans après cette enquête fort utile, il y a lieu de croire que cette répartition n'a pas été sensiblement modifiée, malgré la montée en flèche du coût du charbon. En effet, le bois (de plus en plus rare) et l'électricité ont connu également des hausses de prix énormes, et ils sont d'ailleurs utilisés par une petite partie de la population urbaine.

La même enquête relève que Kigali consommait 5.250 sacs de charbon par mois, soit 63.000 sacs par an quelque 2.200 tonnes, un sac contenant 35 à 40 kg. A l'observation et vu la disparition quasi totale de la savane du Bugesera, on peut dire que cette quantité de combustible a diminué, ou tout au plus s'est-elle maintenue. Nous verrons plus loin les conséquences d'une telle situation sur les ménages urbains.

D'autres villes aussi (Butare surtout) utilisent du charbon, bien que l'essentiel du combustible soit le bois. A cause de la densité humaine de Kigali, il s'avère que dans l'ensemble la principale source d'énergie exploitée en milieu urbain pour la cuisson soit le charbon, suivi par le bois (BYAMUKAMA pp. 53-54).

Autre consommateur de charbon à mentionner, c'est la fonderie d'étain de Kabuye, pour le raffinage du minerai (réduction). D'après une communication écrite de la SOMIRWA (Société Minière du Rwanda), elle consomme 360 tonnes de charbon par an. La fonderie qui se trouve à une petite distance de Kigali, craint une pénurie à court terme, car jusqu'ici elle achète son charbon sur le même marché que les ménages de la capitale.

3. Les prix du charbon.

Nous analysons les prix du charbon de bois pour mieux comprendre les problèmes liés à cette source énergétique; les prix au producteur, la rémunération des commerçants et les prix au consommateur.

Tous ces prix connaissent une grande variation selon les saisons et tendent généralement à la hausse comme nous allons le constater.

a. Le prix au producteur.

Actuellement, il tourne autour de 250 F le sac, alors qu'il n'était que 50 à 70 F il y a seulement 5 ans. Cette hausse vertigineuse est un des signes manifestes de l'acuité du problème, de la disparition de la savane du Bugesera. Il y a pression de la demande sur les producteurs, qui dans ce cas, ne peut avoir d'autres effets que la hausse des prix.

Cependant ce prix est dérisoire vu l'effort fourni par les producteurs. La technique de production demande beaucoup de temps (6-7 jours pour la seule carbonisation plus plusieurs jours d'abattage), des soins minutieux et beaucoup d'efforts physiques. On fait le prix reçu ne récompense ni la peine physique ni le savoir-faire du charbonnier. Il l'accepte comme il accepte le bas payé pour la récolte abondante de haricot ou de sorgho et pour certaines raisons compréhensibles dont le besoin crucial d'argent pour l'achat de certains biens importés de première nécessité et qui coûtent très cher. Le paysan accepte quand même ce sacrifice car le charbonnage est une activité secondaire à ses occupations principales (agriculture), une possibilité de rentabiliser le défrichement de sa parcelle ou une source importante de revenus monétaires, nécessaires pour se lancer dans d'autres activités (acquisition d'une parcelle par exemple).

A ce niveau donc, nous pouvons dire que l'industrie du charbon participe à l'exploitation du paysan producteur et en même temps il "donne raison" à la destruction accélérée de la savane.

b. La rémunération des commerçants.

Les vendeurs de charbon sont fort nombreux et se répartissent en trois catégories distinctes :

- les producteurs-vendeurs
 - les vendeurs
 - les revendeurs détaillants
- (GATERA p.63)

Les producteurs vendeurs sont soit des paysans installés au Bugesera (Kanzenze surtout), soit des ouvriers agricoles qui apportent eux-mêmes, sur leur tête ou à vélo, chacun un ou 2 sacs sur certains marchés de Kigali. Ils veulent en fait bénéficier du prix de vente en gros, de loin supérieur au prix au producteur, malgré la longue distance qu'ils doivent parcourir. La quantité qu'ils vendent assez minime à cause de la faiblesse de leur moyen de transport.

Les vendeurs sont des professionnels du charbon qui agissent à leur propre compte ou à celui de grands commerçants. L'enquête de 1977 en a dénombré 17 répartis sur les 13 points de vente que comptait l'agglomération de Kigali. Les camionnettes dangereusement chargées de charbon que nous rencontrons sur la route Kigali-Bugesera sont leur propriété ou leur sont louées. Ils sont les vrais bénéficiaires de l'industrie charbonnière et un exemple nous aidera à avoir une idée des bénéfices qu'ils réalisent.

Un vendeur qui reçoit une livraison d'une camionnette chargée de 40 sacs pourra les écouler dans 4 jours :

- prix d'achat	:	250 F x 40	=	10 000 F
- transport (location/jour)	:	50 F x 40	=	2 000 F
- Frais divers (déchargement, taxe à Nyamata...)	:		=	1 000 F
				<hr/>
				13 000 F
- prix de vente	=	450 F x 40	=	18 000 F
- bénéfice du commerçant	=	5000F/4 jours		

Soit donc une rémunération du vendeur de 1 250 F par jour, il gagne ainsi en quelques heures 125 F, la moitié du prix payé à paysan production, qui y a consacré des journées entières.

Voici ce que GATERA dit à leur propos en 1977 :

"Indiscutablement, les vendeurs font partie de ce qu'on peut appeler, à Kigali du moins, la classe moyenne. Leur situation socio-économique ne fait que se renforcer surtout que ce sont eux, en définitive, qui sont les maîtres du commerce du charbon dans la mesure où ils peuvent imposer des prix à leur gré" (GATERA p. 68). Et de fait il avait constaté que les vendeurs étaient tous des jeunes gens qui exerçaient l'activité pendant 2 - 3 ans, le temps d'accumuler assez d'argent pour se lancer une activité plus lucrative, telle que le transport de charbon de bois. "L'enquête a permis de constater que parmi les propriétaires de véhicules "spécialisés" dans le transport du charbon figurent d'anciens marchands enrichis".

Enfin vient une multitude de petits commerçant qui achètent un ou plusieurs sacs de charbon dans les dépôts des vendeurs pour les revendre ensuite au petit détail. Ces détaillants, surtout des femmes qui cherchent un supplément au salaire insuffisant des maris, vendent le produit au sceau ou au tas (petites quantités de 20 F le sceau). Une petite enquête nous a révélé qu'ils perçoivent sur chaque sac 100 F, soit un revenu journalier de 200 à 400 F.

c. Le prix au consommateur.

Comme on l'aura constaté, le prix du charbon de bois payé par le consommateur, a subi une grande fluctuation à travers le temps. De 50 F le sac à Kigali en 1956, il est monté à 100 F en 1964, à 200 F en 1977 à 500 F (livré à domicile) en 1982. D'autres variations existent, soit qu'elles soient saisonnières, soit qu'elles proviennent d'un incident (rupture du pont sur la

Nyabarongo par exemple) : en Septembre 1977 par exemple, le sac a coûté jusqu'à 600 F et 700 F en Juillet 1982. La montée est parfois brutale qu'elle tourne à la panique.

L'autre phénomène à relever ici, c'est le prix payé par les nombreux ménages aux bas revenus, qui achètent le combustible en détail, ils payent en fait plus de 50% d'avantage que les autres.

Actuellement par exemple, quand le sac coûte 400 F, les revendeurs l'écoulent à 500 F. Ce "micro-commerce" de charbon, tout en se faisant au détriment de petites gens, reste absolument indispensable à la survie d'une multitude de familles (GATERA p. 70).

4. Conséquences pour les ménages.

Le problème du charbon de bois est manifestement épineux pour les ménages de Kigali surtout. Comme nous l'avons vu, cette source énergétique est la plus utilisée par les familles de la capitale.

Nous venons de voir comment elles sont victimes des fortes augmentations des prix et des incertitudes liées à des hausses imprévisibles.

Il est difficile d'estimer la part de l'énergie dans le budget familial car elle est fonction de plusieurs facteurs tels que l'importance numérique de la famille, le niveau de revenu, l'aisance matérielle recherchée, le gaspillage du bois, etc... Cette part est toute relative par ailleurs, vu que l'écart des revenus est énorme entre citadins.

L'enquête effectuée par GATERA (p.28) a montré que 60% des ménages de la colline Nyarugenge, qui ont entre 7 et 13 personnes à charge, consomment entre 2,5 - 25% de son revenu mensuel (cfr aussi Banque Mondiale, p.15).

C'est énorme et une telle dépense se fait au détriment d'autres achats qui pourraient améliorer le standing de vie, essentiellement pour les nombreuses familles aux bas revenus.

Certains signes reflètent en effet les difficultés auxquelles se heurtent ces ménages et les efforts déployés pour les surmonter. C'est notamment l'utilisation de la proche de café à la place du charbon, et qui a vite trouvé beaucoup de clients. Et en général, les gens sont ouverts à toute innovation susceptible d'économiser ou de remplacer ce combustible cher.

Cependant à court terme, on ne voit pas de changements substantiels qui pourraient répondre aux soucis justifiés des habitants de Kigali. Régulièrement, la sonnette d'alarme est tirée et la presse nationale fait parfois échos de ce pessimisme par des titres ou des passages révélateurs :

- Amakara ko acitse Kigali icyane iki ?
(Le Coopérateur TRAFIPRO n° 168 de mars 1982)

- Ntitwirare amakara ashobora kudushirana (IMVAHO n° 372 d'avril 1981)
- Murabe maso ... Iyo nzara (y'ubutaha) izaba iturutse ku kibazo cyo kubura ibicanywa (idem)
- Amakara acanywa n'uwishoboye. Umuti si uw'ujjo (IMVAHO n°438, Juillet 1982)
- Amashyamba y'i Bugesera amaze kurembera ku bulyo abanyakigali bafite ubwoba (IMVAHO n°414, février 1982).

5. Conclusion

L'industrie du charbon de bois retiendra notre attention sous deux aspects essentiels : la production et la consommation. Nous avons vu qu'elle a largement participé à la destruction de la savane du Bugesera ("Le Bugesera, terre qui neurt") et actuellement à la disparition des autres savanes de l'Est (Kibungo et Byumba). L'acuité de la question énergétique de la ville de Kigali se ressent également par le déboisement accéléré des axes routiers et d'autres boisements aux alentours de la capitale.

L'utilisation du charbon de bois coûte cher aux ménages. En effet une partie substantielle du budget familial lui est consacré au détriment de la satisfaction d'autres besoins essentiels. Ce transfert de revenus enrichit quelques commerçants, mais aussi permet-il la survie de beaucoup de familles à revenus modestes, producteurs et revendeurs.

La crise énergétique pour la population de Kigali provient de la raréfaction du charbon, qui se fera sentir par une montée vertigineuse des prix et une détérioration du pouvoir d'achat, la hausse des salaires étant généralement faible. Or il n'est pas facile de lutter contre les méfaits sur l'environnement causés par la production du charbon et en même temps satisfaire les besoins énergétiques de la population urbaine. Il ne suffit pas seulement de préconiser la sauvegarde de ce qui reste de nos savanes et forêts, encore que des moyens efficaces ne sont pas encore définis.

Quelques recommandations sont quand même à retenir, car leur mise en application participerait quelque peu à la résolution de notre problème :

- 1) Améliorer les techniques de fabrication du charbon de bois; en effet des recherches faites à l'U.N.R. (C.E.A.E.R.) prouvent que le rendement peut être doublé, il faudrait donc les appliquer à une grande échelle (MUKAMURENZI).
- 2) En même temps il faudra penser à la rationalisation des circuits commerciaux, afin d'empêcher des surprofits et des spéculations qui font monter exagérément les prix.

3) Mais aussi un reboisement intensif et programmé de tout le pays, la recherche et la diffusion d'autres sources énergétiques s'avèrent indispensables, de même que la réduction des gaspillages dans l'utilisation des combustibles. Ici aussi les techniques existent, il reste à les diffuser à grande échelle.

Cependant l'application à court terme de ces innovations reste incertaine, si des mesures énergétiques ne sont prises. Dans ce cas il faut craindre la détérioration de la qualité de la vie de la population urbaine de Kigali spécialement, suite à la rareté des ressources énergétiques et des heures de prié subsequentes.

REFERENCES

1. GATERA Frédéric :
"Le bois et le charbon de bois dans le Commune urbain de Nyarugenge"
Mémoire de Licence, U.N.R., Butare 1978
2. RUNYINYA-BARABWILIZA :
"Le Bugesera, terre qui meurt" in Bulletin Agricole du Rwanda, Avril 1979, Kigali
3. BYAMUKAMA Laurent :
"Les besoins énergétique du Rwanda"
Mémoire de Licence, U.N.R., Butare 1982
4. Banque Mondiale :
"Rwanda : Problèmes et choix énergétiques"
Rapport n° 3779 RW 1982.
5. MUKAMURENZI Annonciata :
"Contribution à l'amélioration de la production du charbon de bois au Rwanda";
Mémoire de Licence, U.N.R., Butare 1982.
6. - Le Coopérateur-Trafipro n°168 de mars 1982
- IMVAHC n°s372, 414 et 438.

LE SYSTEME ENERGETIQUE DU RWANDA ET LES PERSPECTIVES D'AVENIR

Par BALINDA J. Bosco
BUNEP
B.P. 1337 KIGALI

Résumé :

L'exposé ci-après va décrire sommairement le système énergétique du pays, pour ce qui regarde la consommation actuelle de l'énergie et le système des approvisionnements dans leur situation actuelle et future. Ensuite un bilan sera adressé et les différentes contraintes seront analysées, ces contraintes pouvant peut-être trouver leur solution dans les énergies renouvelables, réponse qui nous sera connue à la fin du présent séminaire.

Avant de passer au vif du sujet, il convient de porter à l'attention des auditeurs que la matière première ayant servi à l'orateur pour préparer cet exposé a été tiré du travail réalisé par le BUNEP (Bureau d'Etudes de Projets) et l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), dans le cadre d'un mandat d'étude leur confié en vue de la préparation du Plan Directeur d'Electrification du Rwanda qui sortira dans les prochains jours. Votre humble orateur a d'ailleurs contribué à la réalisation de ladite étude.

1. La situation actuelle du système énergétique au Rwanda

La situation actuelle dont il sera question ici se rapporte à l'année 1980, vu que pour cette année l'on dispose de données plus complètes par exemple les statistiques d'importations de produits pétroliers ou de consommation d'électricité.

- 1.1. Les énergies primaires utilisées au Rwanda sont le bois et les résidus de récoltes, le charbon de bois, les produits pétroliers (pétrole lampant, essence, mazout...), gaz liquéfié, gaz méthane, tourbe et hydro-électricité.
Pour l'année 1980, la part de chacune de ces énergies exprimée en Gwh (primaire) et en distinguant les importations des productions locales sont représentées dans le tableau ci-dessous :

Pétrole lampant	Essence de véhicules	Essence d'avions	Mazout	Autres produits pétroliers	Gaz liquide	Electricité	Tourbe	Méthane	Hydraulique	Bois commercialisé	Bois et résidus de récoltes non commercialisés
81	275,5	3,1	165	31	3,0	47,5	10,5	-	28,1	1.640	13.480
IMPORTATIONS											

Il appelle les commentaires suivants:

- les données relatives aux importations ont été tirées des statistiques, de même que les approvisionnements en tourbe et énergie hydraulique.

Pour le bois, on pris comme hypothèse que les besoins annuels par tête sont de l'ordre de 1m³, besoins couverts soit par le bois ou les déchets de récoltes.

- les énergies totales primaires à disposition dans le pays représentent le 96% de l'approvisionnement du pays
- de plus, il paraît que le bois et les résidus de récoltes sont les agents primaires prépondérants (95,5%) dont 85% sont utilisés dans le secteur traditionnel
- les produits pétroliers représentent le 3,5% de l'approvisionnement en énergie primaire du pays, et le 91,4% de l'énergie importée
- l'énergie électrique est produite en partie sur place (Centrales hydro-électriques ou à diesel), ou importée du Zaïre. En 1980 ces importations étaient presque le double de la production nationale
- même si les agents énergétiques importés interviennent modestement dans l'approvisionnement général du pays, leur rôle n'est pas moins prépondérant parce qu'utilisés dans des secteurs d'activités très importants pour l'économie du pays tels que l'industrie, les services et les transports
- la tourbe est peu utilisée, uniquement par l'OPYRWA

- le gaz méthane qui a alimenté pendant un certain temps la brasserie BRALIRWA ne figure pas sur la liste des agents énergétiques en 1980.

1.2. Les productions locales des agents énergétiques ou les prélève sur les réserves que sont : les forêts naturelles (130 ha), les forêts artificielles (80 000 ha), les savanes boisées (7 000 ha) pour ce qui concerne le bois (y compris le charbon de bois), les tourbières, le gisement de gaz du lac Kivu, les réserves hydraulique, l'énergie solaire etc...

Les réserves de tourbes sont concentrées au Nord (Rugezi, Kiguhu, Cyabaralika), au Sud (Busoro et Nyabisindu) et à l'extrême Sud-Ouest (Gishoma), respectivement 92%, 6%, et 2% des réserves totales estimées à 549.100 m³ dont seulement 47.100 m³ constituent le potentiel utilisable soit 22.100 Gwh.

Les réserves de gaz méthane du lac Kivu ont été estimées à 50.109 m³ et peut-être une régénérence de 10⁵ m³/an.

Les réserves hydrauliques comprennent les sites en exploitation (Ntaruka, Gisenyi, Mukungwa) dans le pays, ou à ses frontières (Rusizi I) et les sites recensés pour des aménagements futurs (Rusumo, Rusizi II etc...). Les ressources d'énergie électrique sont estimées à 217 Gwh an. Les détails à ce sujet seront données par un autre conférencier qui va traiter du sujet "Production et consommation d'énergie électrique".

Il en est même des autres ressources telles que l'énergie solaire, géothermique etc...

Le tableau ci-après présente succinctement les réserves prouvées du Rwanda :

Agent énergétique	Bois	Tourbe	Gaz méthane	Hydro-électricité	Solaire
Réserves	1217000 ha	1549.100 m ³	30.100 m ³		
Ressources	50000 ha	47.100 m ³ 22.100Gwh	25.109	117 MW	171W.m ²
Production annuelle	6.5000 m ³ 1750 Gwh		5.107m ³ 400 Gwh	217 Gwh	1,5 Mwh.m ² an

Ce tableau appelle les commentaires suivants :

- le Rwanda ne dispose pas de ressources pétrolières propres
- la comparaison des ressources en bois avec la consommation de cet agent montre qu'il est surexploité. Ceci va entraîner une déforestation progressive et une utilisation des accrue des déchets agricoles avec toutes les conséquences néfastes

qui s'ensuivront telles l'érosion, l'appauvrissement des sols qui ne recevront plus d'engrais naturels etc... Ce sujet sera d'ailleurs développé par d'autres orateurs.

- 1.3. Après avoir vu les énergies primaires utilisées par le pays et les réserves disponibles, on va voir comment les divers secteurs d'activité se répartissent la consommation.

C'est ce que nous montre le tableau de flux d'énergie 1980. Sur le même tableau figurent les besoins en énergie utile correspondant à chaque consommation qui ont été calculés sur base des procédés utilisés et de leur rendement.

Cette représentation du système énergétique montre très clairement l'importance du secteur de l'HABITAT du point de vue de la consommation d'énergie par rapport aux autres secteurs tels que l'INDUSTRIE, les SERVICES et les TRANSPORTS.

La consommation de l'habitat représente en effet le 95% de la consommation d'énergie finale, et 80% des besoins en énergie utile. La part des besoins en énergie utile pour le secteur "INDUSTRIE" est de 10,5%, 2,3% pour les SERVICES et 7,3% pour les TRANSPORTS.

Les besoins du secteur HABITAT sont couverts à 98,6% par le bois et les résidus de récoltes, 0,9% par l'électricité et 0,5% par les produits pétroliers.

Quant au secteurs de l'Industrie, 3 agents interviennent pour la couverture des besoins, le bois (60,9%), l'électricité (18,1%) et les produits pétroliers (11,2%).

Les services consomment surtout l'électricité (69,4 %) plus le bois (28,6%) et accessoirement les produits pétroliers (1,7%).

Enfin les transports au Rwanda n'utilisent que les produits pétroliers. En résumé la couverture des besoins est faite à concurrence de 86,5% par le bois, 4,2 par l'électricité, et 8,9% par les produits pétroliers.

Un commentaire très important sur ce tableau de flux d'énergie c'est que les procédés de consommation utilisés sont caractérisés par des rendements déplorables quand on regarde l'écart entre la consommation finale et les besoins en énergie utile.

Ceci est plus criant pour la consommation de l'Habitat où l'utilisation des foyers traditionnels pour la cuisson est un gaspillage vu les rendements très faibles de cette technique.

- 1.4. En conclusion à la situation actuelle du système énergétique du Rwanda, on peut relever les contraintes ci-après :

- La consommation de bois et équivalent est nettement supérieure aux ressources. Il s'ensuit que les réserves de bois iront en régressant de plus en plus, si une solution n'est pas trouvée soit en augmentant les reboisements ou en améliorant le processus de cuisson surtout dans le milieu rural.

- Les produits pétroliers sont totalement importés. Leur prix change tous les jours. Le pays étant enclavé et trop éloigné de la mer, les approvisionnements ne sont pas assurés. Néanmoins

les produits pétroliers sont nécessaires pour l'industrie, les services et les transports. La dépendance du pays vis-à-vis de l'étranger est très manifeste dans ce domaine. Toute solution visant à réduire cette dépendance serait la bienvenue.

- L'énergie électrique est importée pour une part représentant 01% de la consommation de cet agent. Les 3/4 de cette consommation sont le seul fait de la capitale. Enfin il convient de souligner qu'il y a une faible pénétration de l'électricité dans l'habitat, et que la consommation moyenne par habitant (3000kwh/an) est inférieure à celle de l'Afrique (4 400 kwh/an.hab.) et du tiers monde (6.600 kwh/habitant).

11. Les perspectives du système énergétique du pays

La connaissance du système énergétique du Rwanda dans les années à venir suppose connus les besoins énergétique supplémentaires à la consommation actuelle, ainsi que la façon dont ils seront couverts.

- 2.1. Les besoins du secteur de l'habitat seront beaucoup influencés par la consommation du bois, et évolueront avec la population. Si la structure de consommation du bois reste inchangée, il y a lieu de prévoir la disparition de notre capital bois sur pied avant la fin de la décennie. Mais si on pouvait réduire cette consommation par exemple en introduisant des foyers améliorés ou en utilisant le biogaz pour la cuisson en milieu rural, cette échéance serait repoussée à plus tard. Une situation d'équilibre est même envisageable.
- 2.2. Les besoins du secteur des transports croîtront au moins au même rythme que par le passé surtout dans le court terme. Ils seront couverts par une importation toujours croissante de produits pétroliers.
Néanmoins il y a lieu d'envisager l'utilisation de gazogènes ou la fabrication de l'essence à partir du gaz méthane pour réduire les besoins en produits pétroliers de ce secteur.
- 2.3. Les besoins en électricité seront de plus en plus élevés en rapport avec le développement industriel, des services et du commerce, comme le montre d'ailleurs assez le programme défini par IIIe Plan de Développement Economique Social et Culturel du pays pour la période 1982-1986.
Le rapport d'étude dont nous nous sommes inspirés a retenu l'hypothèse d'évolution de la consommation d'électricité telle que figurant dans le tableau ci-après : (Gwh)

Secteur de Consommation	1980	1986	1991	2001
Habitat	12,4	20,6	26,9	36,6
Services publics et collectivités	19,4	30,8	42,2	65,0
Commerce et autres Services marchands	8,0	12,4	18,7	39,7
Industrie	26,5	68,7	118,0	230,7
TOTAL	67,3	127,9	119,3	372,0

Si on sait que la productivité des installations nationales est de 75,4 Gwh soit 22 Gwh pour Ntaruka, 5,4 pour Gisenyi et 48 pour Mukungwa, et qu'en ajoutant les micro-centrales le total fait à peine 80 Gwh; le Rwanda ne se suffit pas à court terme pour ce qui concerne l'approvisionnement en énergie électrique.

La productibilité théorique mentionnée ci-dessus n'est pas toujours assurée de sorte que même après la mise en service de Mukungwa le Rwanda a continué à importer du courant du Zaïre. Tenant compte des besoins futurs tels qu'exprimés dans le tableau ci-dessus, il faudra que le pays fasse le nécessaire pour qu'un programme draconien de construction de nouvelles centrales soit mis en service. Une des contraintes pour ce programme sera évidemment le facteur temps que ce soit pour l'état d'avancement des études ou la durée de construction des aménagements. Ainsi par exemple les centrales de Gihira et Rusizi II devraient être en service à la fin du IIIe Plan, et Rusumo plus un ou deux sites internes (Lukarara, Nyabarongo etc...) à l'aube de la prochaine décennie.

FLUX D'ENERGIE : RWANDA 1980 (Unités GWh/an)

Piles électriques 0,2

Solaire ~ 0

1020,9
 HT 1017,2
 BT 4,5
 T 2,9
 PS 4,3

Energie primaire
15761,3

Bois et résidus de recoltes
15120

Commercialisé 1640
 Non commercialisé 13480

Habitat
14387,6

Energie utile
1287,5

Charbon de bois ~ 0

Gaz liquéfiés 3

Produits pétroliers 551,6

Electricité 47,5

Frontière Rwandaise

31
 Consommation pour des buts non énergétiques

554,3
 Pertes aux transformations

10
 Pertes aux transports

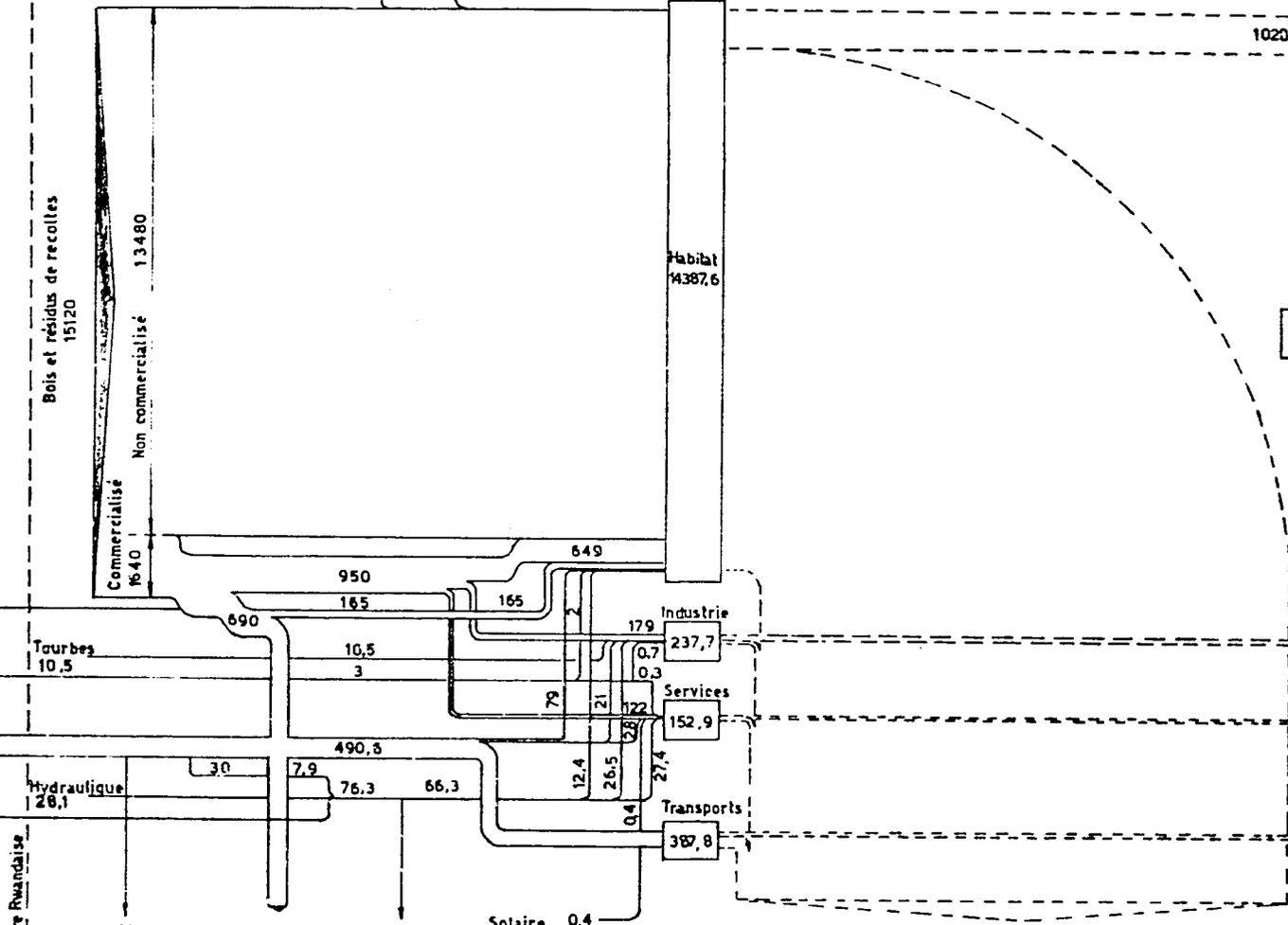
Solaire 0,4

13878,5
 Pertes à l'utilisation

134,5 HT 110,2
 T 24,2
 PS 0,1

29,7 HT 8,6
 T 9,2
 PS 7,3
 BT 4,6

94,4 T 94,4



UTILISATION DU BOIS AU RWANDA

Par Monsieur STAEBLER J.-D.
Conseiller à la Direction
des Eaux et Forêts
Ministère de l'Agriculture
et de l'Élevage.

Les données et considérations qui font l'objet de cette communication proviennent pour la plus grande partie d'une enquête organisée dans le cadre de la Direction des Eaux et Forêts et qui s'est déroulée en 1981 et 1982.

Il s'agit d'une enquête réalisée sur un échantillonnage de 90 secteurs communaux répartis dans tout le pays et qui avait été établi par Messieurs Delapierre et Schwarz (Ministère du Plan) sur la base de critères écologiques et de densité de population. Cet échantillon contient une population de 349.000 habitants (soit environ 6,5% de la population du pays) et a porté sur une surface de 137.490 ha (soit 5,4% de la surface du pays). Les mesures de consommation ont été réalisées dans 900 familles réparties d'une façon aléatoire dans les secteurs.

Cette enquête a porté sur trois thèmes:

- Consommation et utilisation du bois
- Production de bois et reboisements
- Aspects sociologiques (relations population/activités de la filière forestière et du bois).

Dans cette communication je ne parle que du premier thème puisqu'il correspond au sujet que les organisateurs du séminaire m'ont demandé de traiter.

Ceci d'autant plus que le dépouillement des données récoltées est en cours et que, particulièrement en ce qui concerne l'aspect production de bois, il nous faut faire encore des compléments de mesures.

Abordons les aspects généraux de l'utilisation du bois au Rwanda. On peut tout de suite avancer que la forêt, les arbres et le bois sont d'une importance vitale pour le pays et sa population. En effet, en sus des aspects écologiques dont l'importance est primordiale pour ce pays mais que je ne développerai pas ici puisque cela sortirait du sujet de cet exposé, les arbres, par le biais du bois, jouent un rôle essentiel dans la vie et les activités de la population rwandaise. Tout particulièrement pour 95% de la population du pays.

L'utilisation du bois par cette population est très variée et complète. Au Rwanda on peut différencier en 4 grands groupes d'utilisation du bois:

- a) le bois servant à la production d'énergie,

- b) le bois rond ou grossièrement équarris servant à la construction traditionnelle et à de multiples services,
- c) le bois équarris et de sciage destiné à la menuiserie la charpente
- d) le bois d'industrie destiné au déroulage pour les allumettes et aux poteaux électriques.

Examinons l'une après l'autre ces différentes utilisations:

a) Le bois servant à la production d'énergie

Cette catégorie d'utilisation est très importante au Rwanda. Il faut particulièrement mentionner:

- bois de feu pour la cuisson des aliments, le chauffage, l'éclairage;
- bois de feu pour le séchage du thé;
- charbon de bois pour la cuisson des aliments dans les centres urbains;
- charbon de bois pour les activités artisanales et industrielles (forges et métallurgie).

En ce qui concerne la consommation domestique pour la cuisson des aliments, les données fournies par notre enquête sont les suivants:

	Moyenne par famille de 6, 6,54 pers.	Moyenne par habitant
Consommation journalière de bois de feu enstérable (diamètre supérieur à 4 cm)	11,08 kg	1,7 kg
Consommation journalière d'autres produits combustibles	4,64 kg	0,7 kg
Poids total des produits énergétiques utilisés par jour	15,72 kg	2,4 kg

Dans cette consommation les différents produits se répartissent comme suit (en % du poids):

bois enstérable	70,00%
bois d'arbres fruitiers	0,26%
brindilles et divers	13,05%
produits agricoles (tiges, feuilles, etc.)	16,34%
bouses	0,35%

La consommation annuelle moyenne par habitant est donc de 620 kg de bois enstérable et 255 kg d'autres produits combustibles.

Il est intéressant de constater que la distance moyenne de récolte

du bois de feu est annoncée par les agriculteurs est relativement faible, de l'ordre de 1 km.

En ce qui concerne la consommation de bois de feu enstérable, la conversion en m³ de bois plein peut s'effectuer à un poids volumique assez élevé de l'ordre de 0,75 t/m³, étant donné que les échantillons prélevés montrent que le séchage du bois est médiocre. Nous obtenons une consommation annuelle de 0,83 m³ de bois de feu domestique enstérable par habitant.

En ce qui concerne les utilisations de bois de feu autres que domestiques nous avons également recueilli certaines données intéressantes. Les briquetteries et tuileries recensées s'élèvent à 0,3 unités pour 1.000 habitants. Leurs propriétaires annoncent une consommation annuelle moyenne de 150 m³ par unité qui est probablement inférieure à la réalité. En outre, il a été recensé 0,25 restaurants et boulangeries pour 1.000 habitants, avec une consommation annuelle moyenne de 18 m³ par unité. Le sujet charbon de bois est spécifiquement urbain (0,009 charbonniers pour 1.000 habitants et vu qu'il est traité par un autre orateur, je n'en parlerai pas ici.

La consommation annuelle totale de bois de feu enstérable par habitant doit donc être d'environ 0,9 m³ de bois. Et avec la consommation en bois de feu pour le séchage du thé de l'ordre de 50.000 m³ on arrive à une consommation nationale totale de l'ordre de 4.900.000 m³ de bois de feu en 1982.

Il est intéressant de noter que pour les paysans il est rare d'acheter du bois de feu car ceux-ci l'annoncent en moyenne en avant-dernier rang dans leurs sorties d'argent. Mais, en revanche, dès que ce bois est commercialisé (dans les centres urbains, pour les briquetteries, etc.) son prix est relativement très élevé:

	Poids moyen du fagot	Prix moyen du fagot	Prix moyen d'un kg.
A Kigali	8 kg	70 Frw.	8,7 Frw.
A Gitarama	21 kg	74 Frw.	3,5 Frw.
A Ruhengeri	22 kg	74 Frw.	3,3 Frw.

Cela nous donne donc, pour les centres urbains, un prix d'environ 2500 à 6.500 Frw. le m³ de bois, alors qu'à la campagne le prix moyen du stère se situe souvent vers 325 Frw., soit 800 Frw. le m³. Données partielles que nous devons encore compléter.

On peut voir là une indication que dans le futur, au fur et à mesure que l'urbanisation et les activités artisanales et industrielles se développeront, la commercialisation du bois de feu par les paysans producteurs représentera pour une activité lucrative intéressante.

Après cet examen de la situation de l'utilisation du bois sous forme d'énergie abordons les autres domaines d'emploi du bois.

b) Le bois rond ou grossièrement équarris servant à la construction traditionnelle et à de multiples services.

Cette forme d'utilisation est essentielle à la vie du monde rural. Enumérons-en les principaux emplois:

- construction des maisons traditionnelles et de dépendances (cuisines, WC, étables, clapiers, poulaillers).
- clôtures, échaldas
- outils agricoles, corbeilles, récipients taillés, instruments, etc.
- construction des ponts, etc.

Les essences utilisées dans cette catégorie:

Eucalyptus	68,50%
Cuprès	4,83%
Gréwilléa	2,17%
Markamia	9,39%
Ficus	7,00%
Acacia	7,82%
Divers	0,29%

Bien que les emplois soient multiples la consommation est relativement modeste. Les mesures effectuées nous donnent une consommation globale d'environ 0,05 m³ par habitant par an. Ce qui nous donne, pour 1982 une consommation nationale de l'ordre de 270.000 m³.

c) Le bois équarris et de sciage destiné à la mesuiserie et la charpente.

Les emplois à énumérer particulièrement dans cette catégorie sont les suivants:

- portes et fenêtres pour des maisons traditionnelles
- charpente et menuiserie pour les maisons de type moderne
- meubles
- coffres et instruments divers

C'est seulement dans cette catégorie que nous nous éloignons de l'économie d'autosubsistance en bois pour aborder une économie de marché des bois.

On assiste à une certaine structuration de la filière bois avec la promotion d'emplois spécialisés:

- Les scieurs de long souvent en même temps bûcherons
- Les courtiers en bois
- Les menuisiers de type traditionnel
- Les menuisiers avec équipement mécanique dans les centres urbains
- Les importateurs de bois et meubles

Dans le monde rural nous avons recensé 0,05 équipe de scieurs de

de long pour 1.000 habitants (soit 270 équipes pour le pays) et 0,25 menuiserie traditionnelle pour 1.000 habitants (soit 1.350 menuiseries pour le pays).

La consommation de bois scié et équarris est faible dans le monde rural, de l'ordre de 0,003 m³ de grume par habitant et par an. Cela provient du fait que l'équipement en meubles des maisons traditionnelles est très sommaire. Qu'on en juge par les moyennes obtenues dans les 900 familles visitées (moyenne de 6,5 habitants):

Equipement	Nombre de meubles par famille
lits	1,28
tables	0,39
chaises et fauteuils	2,15
bancs	0,98
armoires et commodes	0,17

Le marché des bois de sciage est encore très mal organisé et les données précises sont difficiles à obtenir. Il semble que le prix des grumes payé au producteur ne diffère guère en moyenne de celui du bois de feu commercialisé. Mais, en revanche, le bois scié localement se vend à la ville comme à la campagne de 10 à 14.000 Frw. le m³. Les bénéfices nets sont surtout réalisés par les courtiers en bois (de l'ordre de 40% du prix de vente).

Les importations de bois concernent surtout les centres urbains, au niveau des douanes on enregistre en 1980 un équivalent de 5.000 m³ de grumes sous forme de panneaux ou ouvrages en bois. Ceci rapporté à la population totale représente 0,001 m³ de grume.

Au total, la consommation du bois scié doit se situer vers 25.000 m³ de grumes. Comme on peut le voir ce secteur représente une consommation actuellement relativement faible. Mais cette faiblesse représente un potentiel de développement très grand. En effet, c'est dans la catégorie des bois de sciage que les besoins sont loin d'être satisfaits et que le développement de l'emploi et de la valorisation de la production de bois peut être envisagée avec optimisme. Ceci surtout en considérant la progression de la construction de l'habitat moderne.

d) Le bois d'industrie

En fait ce poste n'est cité que pour mémoire. Il ne concerne pour le moment que le bois de déroulage destiné à la fabrication des allumettes et à la fourniture de poteaux électriques. Les quantités de bois utilisées sont très faibles (environ 2.000 m³) du fait des difficultés d'approvisionnement en bois répondant à des conditions très spécifiques. Mais lorsque les plantations effectuées ces dernières années seront en âge d'exploitation ce secteur pourra se développer plus rapidement. Ce tour d'horizon des différentes utilisations du bois au Rwanda permet de faire quelques réflexions.

Ce qui frappe le plus est l'énorme consommation de bois sous forme de production d'énergie et sa prépondérance dans la proportion de la consommation totale: environ 94%. Ce problème est d'autant plus grave que les autres catégories d'utilisation seront amenées à se développer passablement rapidement dans ces prochaines années pour répondre à des besoins essentiels de la population, particulièrement dans l'habitat. Heureusement pour le Rwanda celui-ci est loin d'avoir épuisé les solutions disponibles pour résoudre ce problème. Très brièvement exprimé on peut dire qu'une bonne partie de la solution se trouve en utilisant à la fois deux orientations:

- 1) plus et mieux produire du bois
- 2) utiliser plus rationnellement le bois à disposition.

1) Plus et mieux produire du bois

- On exagère souvent la concurrence qui peut exister entre sylviculture et agriculture pour l'occupation des terres. Il y a en fait encore au Rwanda des possibilités non négligeables de trouver des surfaces à affecter à la production sylvicole. (Une étude va être mise sur pied à ce sujet).

D'autre part, la production sylvicole intégrée dans les champs agricoles (agroforesterie) est appelée à se développer énormément au Rwanda où les conditions seraient particulièrement propices à cette forme d'exploitation (main-d'oeuvre à disposition, très faible mécanisation des travaux, nécessité d'une méthode biologique de fertilisation des sols pour l'agriculture, etc.).

- L'aménagement et la gestion des boisements existants sont sérieusement à améliorer. Beaucoup trop de terres sont occupées par des boisements mal appropriés et exploités irrationnellement. Un effort dans cette direction permettrait une hausse importante de la production.

2) Utiliser plus rationnellement le bois à disposition

Cet aspect des solutions dépasse le domaine strict de la foresterie mais le forestier doit se préoccuper aussi d'une meilleure utilisation et valorisation de sa production. Une simple amélioration dans ce domaine pourrait être de vulgariser un séchage correct du bois avant de le brûler. Des spécialistes évoqueront certainement dans ce séminaire les différents moyens techniques en cours de mise au point pour améliorer cette situation ou alléger la pression sur la consommation de bois en le substituant partiellement par d'autres sources énergétiques.

Tant les forestiers que les techniciens œuvrant dans les autres domaines devront tenir compte d'un point essentiel pour les opérations qu'ils voudront mener à bien: une sensibilisation adéquate de la population rwandaise à ces problèmes. En effet, dans le cadre de notre enquête nous avons demandé aux familles visitées de classer selon leurs vues leurs besoins prioritaires.

Les réponses montrent que l'approvisionnement en bois de feu vient en avant-dernier rang, juste avant "divers".
En d'autres termes, c'est le dernier de leurs soucis.
Toute action dans ce domaine devra donc tenir compte de cet état d'esprit et commencer par sensibiliser la population aux problèmes que nous évoquons dans le cadre de ce séminaire.

170

PRODUCTION ET CONSOMMATION DE L'ELECTRICITE AU RWANDA.

Par NDEKEZI Innocent
Attaché à la Section
"Etudes et Planification de
l'Electricité" d'ELECTROGAZ.

Résumé

L'Energie Electrique consommée au Rwanda est essentiellement d'origine hydraulique.

Les centrales NTARUKA, MUKUNGWA en GISENYI ont ensemble une puissance installée de 25 MW environ, avec une productibilité totale de 75,4 Gwh/an.

Ces trois centrales arrivent à peine à satisfaire la moitié de la demande en énergie électrique.

Une part importante revient encore aux importations d'énergie du Zaïre (Centrale RUSIZI I), qui a couvert plus de 60% des besoins en 1980.

Les centrales autoproductrices et les groupes Diesel n'interviennent que pour une très faible part dans la production d'énergie électrique. Plus de 75% de l'énergie produite sont consommés dans la ville de Kigali.

La consommation d'électricité à la campagne est pratiquement nulle, à l'exception des usines à thé, des écoles et des hôpitaux. Dans les villes, sur un total de 77,9 Gwh consommés dans le pays, 24,8 Gwh sont allés à l'industrie, 17,3 Gwh pour les services, et 12,4 Gwh pour l'habitat où les expatriés consomment plus de 17% de la consommation totale du Pays.

L'énergie électrique reste inconnue du paysan rwandais et, vu le nombre peu élevé, ne peut être une solution à la crise du bois que connaît actuellement le Rwanda, du moins dans l'immédiat, surtout qu'il y a déjà une menace de déficit d'énergie électrique avant 1985.

L'histoire nous apprend que l'infrastructure énergétique a toujours été à l'avant-garde du progrès scientifique et du développement socio-économique.

Au départ, l'homme ne connaissait que sous sa forme mécanique (son énergie musculaire) qui lui permettait de se déplacer, faire la cueillette et la chasse il vivait, tous ces fruits et viandes étant consommés sans transformation aucune.

La découverte du feu fût un pas sur la voie du progrès. L'homme comprit qu'il pouvait transformer l'énergie mécanique en énergie calorifique, perfectionner ses instruments de chasse et améliorer son alimentation.

Et par suite, l'évaluation de la société humaine et toutes ses réalisations sur la voie du progrès furent conditionnés par le souci d'augmenter la rentabilité du travail dans le but d'améliorer les conditions de vie des hommes.

Tout cela aurait été impossible sans l'élaboration et l'utilisation de nouvelles formes d'énergie, toujours plus perfectionnées.

Le développement techno-scientifique et social se traduit par l'augmentation de la consommation d'énergie.

Actuellement par exemple, toute la population active du monde, travaillant huit heures par jour, ne peut pas produire la centième partie de l'énergie nécessaire au fonctionnement des machines.

La consommation de l'énergie ira toujours en grandissant pour permettre l'augmentation de la rentabilité du travail et alléger le travail physique de l'homme.

Avoir de l'énergie à disposition, c'est la base nécessaire pour que l'homme puisse inventer de nouvelles techniques, s'occuper de science, d'art, de littérature, de tout ce qui est communément appelé "Culture".

En effet, cela permet à l'homme de se libérer du travail physique et il dispose donc de plus de temps libre pour un travail plus créatif, un travail de recherche.

Il est à noter que le développement que connaît actuellement la technique aurait été impossible sans l'usage de nouvelles formes d'énergie, en l'occurrence et surtout l'énergie électrique.

L'énergie électrique peut être appelée la base de la civilisation moderne.

On peut affirmer, sans exagérer, que la vie de la société moderne est inconcevable sans électricité. L'énergie électrique est utilisée actuellement partout dans l'industrie, dans le transport, pour les besoins domestiques.

Le fonctionnement des moyens modernes de communication (télégraphe, téléphone, radio, télévision...) est basé sur l'emploi de l'énergie électrique. Sans électricité, il aurait été pratiquement impossible de développer la cybernétique, l'informatique, la conquête de l'espace.

Il va donc sans dire que la consommation d'énergie en général, de l'électricité en particulier, montre à elle seule le niveau de développement d'un pays.

L'énergie électrique, la plus noble de toutes les formes d'énergie, possède trois particularités essentielles :

- facilité de transport et de grandes distances et dans des temps records,
- impossibilité de stockage,
- facilité de transformation en d'autres formes d'énergie ou d'être obtenue à partir de ces dernières.

C'est ainsi donc qu'elle remplace avantageusement toutes les formes d'énergie connues actuellement et qu'elle est la plus populaire de toutes.

Pour avoir une idée de la consommation d'électricité dans le monde, je vais citer les chiffres suivants :

En 1977, la consommation totale d'énergie sous toutes ses formes représentait 9,4 milliards de tonnes d'équivalent pétrole dont 27% servaient d'énergie primaire à la production de l'électricité.

La production d'électricité est passée de 1.819.719 Gwh en 1961 à 4.575.169 Gwh en 1976, soit un rapport de 1 à 2,61.

Si une tonne d'équivalent pétrole représentait 793 Kwh en énergie électrique en 1970, elle était de 856 Kwh en 1973 et de 983 Kwh en 1976, et doit bien être encore plus élevée pour le moment.

Consommation d'électricité au Rwanda

Je viens de dire que l'énergie électrique était actuellement la plus populaire de toutes les formes d'énergie.

Ceci est valable uniquement pour les pays dits industrialisés et les grandes villes dans les pays en voie de développement, elle reste tout à fait inconnue au paysan de ces régions, comme nous allons le voir sur l'exemple du Rwanda.

Qui dit consommation dit consommateur. Ayant de porter de la consommation proprement dite, voyons donc d'abord quels genres de consommations nous avons au Rwanda.

Ils peuvent être classés en deux catégories :

- la campagne, avec plus de 96% de la population du Pays
- les villes,

La campagne compte deux types de consommateurs :

la population rurale disséminée et les centres ruraux.

la population rurale ignore totalement l'électricité.

Les centres ruraux, constitués essentiellement d'écoles, hôpitaux, usines à thé, centres de négoce sont alimentés soit par des groupes électrogènes, soit raccordés au réseau interconnecté, mais leur

consommation reste très faible.
Elle était de l'ordre de 4.000.000 Kwh en 1980.

Dans les villes, on rencontre 3 types de consommateur;
- l'habitat
- l'industrie
- les services

En 1980, la consommation était de 12.400.000 Kwh dans l'habitat, 17.300.000 Kwh dans l'industrie et 24.800.000 Kwh pour les services, soit 54.5000 Kwh pour les villes.

Il faut noter que la répartition des consommateurs est très inégale. La consommation de la ville de Kigali à elle seule représente plus de 75% de la consommation totale d'électricité dans le pays. Celle de tous les Centres Urbains ensemble représente plus de 90% de la consommation totale du Pays.

Le secteur habitat est dominé par les expatriés qui consomment plus de 17% de la consommation totale du Pays.

Le taux d'accroissement annuel moyen de la consommation d'électricité est de 8% sur la période de 1970 à 1980; et de 9,7% sur la période de 1973 à 1980.

La croissance du nombre d'abonnés diminue d'année en année, sauf à Kigali où elle reste pratiquement constante.

Ceci serait dû en partie à ce que tout le monde a tendance à vouloir s'installer à Kigali (tous les investissements dans la construction -secteur privé- sont concentrés presque exclusivement à Kigali), et aussi à l'augmentation du revenu qui n'arrive pas à suivre l'augmentation des prix.

Production de l'Electricité au Rwanda

Comme je le disais tout à l'heure, l'énergie électrique a cette particularité de ne pas se prêter au stock. Elle doit être consommée à l'instant même où elle est produite.

C'est à dire que l'équilibre doit rester toujours parfait entre la production et la consommation, les consommateurs en imposant aux producteurs, puisque ces derniers ne peuvent pas garder leur marchandise pour les jours où la demande sera plus intéressante.

Tout projet de développement doit tenir compte de la possibilité d'approvisionnement en énergie électrique.

Au Rwanda, l'énergie électrique consommée dans le pays est en partie produite dans le Pays même par les Centrales Ntaruka, Mukungwa, Gisenyi et en partie importée du Zaïre (centrale Rusizi l'appartenant à la SNEL).

Ces centrales alimentent le réseau interconnecté.

Les groupes électrogènes et les mini-centrales auto-productrices ne participent que pour une faible part à la couverture de la consommation d'énergie électrique du Pays. Il s'agit des centrales Kilinda-Runyombyi - Pfunda - Etiru - Murunda d'une productibilité totale

de 2,5 Gwh/an.

La productibilité des centrales interconnectées appartenant au Rwanda est de : 22 Gwh/an, 48 Gwh/an respectivement pour Ntaruka, Mukungwa et Gisenyi.

Ces centrales totaliseraient ensemble 75,4 Gwh/an.

En 1980, la couverture des besoins en énergie s'est faite de la façon suivante :

- le réseau interconnecté a contribué pour 68 Gwh, soit 87,3%, dont 61% venaient de l'importation (47,5 Gwh) en seulement 20,5 Gwh (26,3% de la consommation totale de la production nationale (NTARUKA).
- les centrales autoproductrices ont fourni 9,9 Gwh, soit 12,7% dont 2,6% (2 Gwh) d'origine hydraulique et 10,1% (7,9 Gwh) d'origine thermique (groupes Diesel).

Projets développement et approvisionnement en électricité

L'infrastructure énergétique doit toujours précéder l'implantation de tout projet de développement.

Si on arrive actuellement à satisfaire la demande en énergie électrique, c'est surtout grâce aux importations, qui sont intervenues pour plus de la moitié en 1980.

Ce chiffre avait diminué en 1982, suite à la mise en service de la centrale MUKUNGWA.

Cependant, si tous les projets prévus pour ce quinquennat étaient réalisés, la part des importations risque de redevenir importante à très court terme, parce que les centrales existantes (NTARUKA, MUKUNGWA et GISENYI) ne suffiraient plus à elles seules.

A ce propos, il faut noter que le niveau du lac Burera dont les eaux font marcher la centrale de NTARUKA avait baissé considérablement suite à ce qu'elle a dû pendant longtemps satisfaire à elle seule la demande en énergie électrique qui allait toujours croissante.

L'interconnexion avec la centrale de Rusizi l'est venue la soulager, mais assez tardivement pour que le niveau puisse se reprendre assez vite.

Avec la mise en service de la centrale MUKUNGWA, les affaires se sont améliorées, mais ce ne sera pas pour longtemps, la demande en énergie électrique ne faisant qu'augmenter.

Pour l'année 1985, par exemple, la demande en énergie électrique est évaluée à 127 Gwh, alors que la productibilité des centrales ne dépassera pas 80 Gwh, si l'on tient compte de l'entrée en service de la centrale de Gihira d'ici là.

Nos espoirs se fondent principalement sur la construction de la centrale Rusizi II au cours de cette décennie, dont 47 Gwh/an reviendraient au Rwanda.

Mais, même avec ça, les importations ne seraient pas à négliger, puisque la productibilité des centrales (avec Rusizi II) permettrait à peine à couvrir les besoins en 1985. Alors que, avec la baisse de niveau du Lac Burera, la productibilité de la Ntaruka doit être actuellement inférieure à 22 Gwh/an et celle de Mukungwa inférieure à 48 Gwh/an, puisqu'elle utilise les eaux sortant de la Ntaruka.

Ainsi donc, les difficultés d'approvisionnement en énergie électrique risquent de freiner l'élan qu'avait pris le pays sur la voie du développement, vu la part importante que devraient avoir les importations dans la couverture des besoins.

La crise énergétique et l'électricité au Rwanda

Le Rwanda se trouve actuellement en face d'un problème grave - la déforestation. Le bois intervient pour plus de 86% dans la couverture des besoins énergétiques du pays, ceci parce que la population rurale, représentant plus de 96% de toute la population du pays ne connaît d'autre source d'énergie que le bois et les déchets des récoltes utilisés pour la cuisson des aliments.

Or, avec l'accroissement de la population, les réserves de bois vont en diminuant.

Des efforts sont faits pour le reboisement, mais il est urgent de chercher d'autres énergies qui remplaceraient le bois de chauffage.

L'électricité reste inconnue du paysan rwandais. Elle n'intervient que pour 0,4 % seulement dans la satisfaction de la demande en énergie, encore est-il que les expatriés consomment plus de 80% de toute l'électricité consommée dans le secteur habitat.

Le citoyen rwandais utilise l'électricité presque exclusivement pour l'éclairage.

Pour la cuisson, c'est toujours le bois à la campagne, ou le charbon de bois en ville. Ceci ne fait évidemment qu'aggraver la situation.

Suite au manque d'information sur la consommation des appareils électroménagers, tels que fer à repasser et réchaud électriques, presque tous les abonnés affirment gratuitement que ça leur coûte trop cher de s'en servir, ce qui n'est pas vrai. A mon avis, c'est plutôt le coût élevé de ces appareils qui les rend inaccessibles à bon nombre des utilisateurs. Il faudrait mener une campagne de vulgarisation pour sensibiliser les abonnés à l'utilisation de l'électricité.

Seulement, vu le nombre très réduit des abonnés à l'électricité, suite au coût élevé du raccordement, ceci ne peut être qu'une faible contribution à la recherche d'une solution à la crise du bois.

176

UN BOISEMENT BIEN SUIVI CONSTITUE UNE SOURCE
D'ÉNERGIE RENOUVELABLE AU BENEFICE DE LA POPU-
LATION.

Par MUTUNGI REHE Isaac

Militants et Sympathisants du M.R.N.D.,

Ca me fait particulièrement plaisir en tant que forestier de terrain d'avoir pu participer à ce Séminaire traitant d'un problème très épineux pour les pays en voie de développement avec un accent particulier pour le Rwanda.

"Un boisement bien suivi constitue une source d'énergie renouvelable au bénéfice de la population".

Certains orateurs, entre autre le représentant de l'OBK, nous ont signalé que pour les pays desservis par cet organisme (Ouganda, Tanzanie, Burundi et le Rwanda) plus de 90% de la population, malgré les efforts d'électrification, utilisent encore de la matière ligneuse pour se chauffer et cuire les aliments.

Au Rwanda la population utilise même la bouse des vaches, les fanes de haricots, les tiges de sorgho et ceci au détriment de la factibilité des sols.
Cette situation nous oblige, tout en recherchant les moyens de renfort progressifs, de mieux gérer le patrimoine forestier d'autant plus qu'on lui reconnaît pour longtemps encore sa place privilégiée d'Énergie qu'on pourrait à juste titre "Source d'Énergie de Masse".

Lors du Congrès Mondial de Botanique tenu à Montréal en 1959 l'idée d'écosystème fut retenue comme étant le concept fondamental lors de la description, de la classification et de la Recherche Forestière.

A rappeler que l'écosystème forestier est représenté par une végétation stable en harmonie avec les facteurs du milieu.

Là de nouveau pour ne pas être à l'encontre des résolutions du 5ème Congrès Mondial des Forestiers de 1960, "le forestier doit pleinement reconnaître les aspects écologiques de sa profession et étendre ses préoccupations à la forêt toute entière et pas seulement aux arbres.

C'est pourquoi l'écosystème forestier, écosystème ouvert, comprend le biotope riche (habitat) et la biocénose très variées où règnent une ambiance au niveau des chaînes trophiques.

Les Ressources Naturelles de la Forêt

La plupart des auteurs se mettent d'accord pour classer les ressources naturelles en 3 groupes :

Groupe 1 : Les ressources dits inépuisables

- atmosphère
- cycle hydrologique

Groupe 2 : Les ressources renouvelables et conservables

- eau
- sol
- végétation
- faune sauvage
- l'homme

Groupe 3 : Les ressources non renouvelables

- métaux
- ressources minérales combustibles (gaz, pétrole) ou non combustibles.

Mais pour que ces ressources soient à la portée du bénéficiaire une utilisation rationnelle ou une sauvegarde contrôlée est indispensable.

Comme on parle de la forêt, que constatons-nous actuellement sur le plan forestier au Rwanda ?

1. Les formations végétales naturelles climatiques sont très sérieusement menacées.

-La forêt embrophile de Montagne (Nyungwe, Gishwati, Mukura et la forêt des volcans) disparaît à un rythme moyen de 800 Ha/an à la recherche des terres agricoles. Certains me disent que tant que cette action dévastatrice répond au besoin du pays c'est bon. Mais ce problème sera éventuellement débattu en commission.

-La forêt sclérophylle de l'Est a pratiquement disparu en approvisionnant la ville de Kigali en charbon de bois (Bugesera, Mayaga, Mutara).

2. Les premiers boisements créés au Rwanda du temps des Belges au tour des années 1934 grâce aux fonds des caisses auxiliaires des chefferies sont à 79% en Eucalyptus; là encore ces vieux peuplement d'eucalyptus traités en taillis, très souvent mal entretenu et mal exploités dans lesquels souvent l'accroissement annuel moyen ne dépasse pas 8 m³/ha rendent plus de torts au milieu plutôt que de remplir de rôle attendu d'un boisement.

L'année 1982 "Année de lutte contre l'érosion" l'on a souvent constaté que sous ces eucalyptus le terrain était plus dégradé que dans un terrain voisin sans boisement.

Les causes de dégradation sont les suivantes :

- une trop grande exigence de l'arbre vis-à-vis du sol
- une couverture du sol mal assurée par la couronne des arbres
- le surpâturage et prélèvements excessifs
- manque de soins à la forêt.

L'année 1983 "Année de l'arbre". Nous devons créer des boisements qui permettront de dissiper le déficit en bois de chauffage et d'oeuvre mais nous devons également créer des boisements qui dégradent le moins le milieu.

Comment créer et gérer des boisements pour qu'ils ne dégradent pas le milieu?

L'objectif premier du forestier ou de celui qui reboise est de produire du bois. L'on a vu dans certains cas que cette production se fait au détriment du sol. C'est pourquoi le forestier doit avoir un 2ème objectif :

Un boisement de protection c'est-à-dire qui protège le sol contre l'érosion.

1. Choix des essences à utiliser dans les programmes d'afforestation

- Lors du renforcement des dispositifs anti-érosifs sur des parcelles agricoles on utilise beaucoup plus le Grevillea, le Maesopsis, l'acacia, le Markamia, le Tecoma et non l'eucalyptus souvent ces essences sont retenus pour

- leur couvert non dense
- enracinement profond pour ne pas concurrencer les cultures vivrières
- la décomposition rapide du feuillage
- souvent leur apport ou leur utilisation minimale de certains éléments tel que l'Azote.

- Lors des plantations d'alignement (le long des routes) Le problème de dégradation du sol ne se pose pas car il s'agit de 1-3 lignes d'arbres. Ils stabilisent le terrain, ce type de boisement comme le premier, est d'intérêt capital pour la Rwanda car il peut procurer du bois en quantité et surtout en qualité car souvent installé sur des terrains encore fertiles.

(ex. Casnarina equisetifolia)

- Lors des boisements classiques (périmètres suivant l'altitude et la qualité de la station (site) on retrouvera toute la gamme allant des Eucalyptus jusqu'au Pinus.

2. Techniques de Plantation

Plusieurs méthodes sont préconisées; labours en bandes, trous individuels, terrasses individuelles.

Au niveau de la Préfecture de Kibuye, nous utilisons la terrasse

individuelle (60 x 60 x 40). Ce dispositif placé à un endroit quelconque permettrait de mieux lutter contre les glissements éventuels.

A. Choix de l'écartement

La théorie classique préconise que, plus vous plantez serré, plus vous avez la chance de formation du couvert forestier dans très peu de temps; mais on a constaté que ça se fait au détriment du terrain sur lequel reposent ces tiges.

Ainsi pour produire du bois au niveau de la préfecture de Kibuye, en général sur des terrains abandonnés par l'agriculteur et l'éleveur, l'écartement minimum de 3m x 3m (1100 tiges/ha) voire même 5m x 5m pour des essences telles que l'Eucalyptus tereticornis sur le sol très dégradé (400 tiges/ha).

N.B. : Il faut noter que ces mesures d'écartement agrandi, permettent la production du bois sans toutefois dégrader le terrain sur lequel reposent ces arbres.

B. Utilisation du sous-bois

Il est vrai que pour aider le recouvrement total du sol avant la formation du couvert forestier on devrait utiliser les espèces des s/bois connues telles que le Tephrosia (Fabaceae), Titenia (Asteraceae), le Dedonea villosa, etc...

Ces espèces sont semées directement sur terrain et recouvrent bien le terrain.

Le PPF en collaboration avec l'ISAR mène des essais dans ce sens.

3. Soins sylvicoles réguliers et prélèvements non excessifs

- Les calendriers des élagages et des éclaircies doivent être respectés
- Dans les blocs domaniaux et communaux un effort de normalisation des peuplements est à mener ainsi que le respect de la possibilité de la forêt à ne pas dépasser lors de la coupe annuelle.

Voilà, Mesdames, Messieurs, les quelques réflexions, une fois discutées et prises au sérieux permettront au forestier Rwandais de mieux participer à cet effort national de procurer du bois de chauffe à la population en attendant le renfort d'autres sources d'énergie sans toutefois nuire aux autres fonctions attendues de la forêt.

JE VOUS REMERCIE.

Chapitre V :

QUATRIEME SESSION

ENERGIES RENOUVELABLES,
PROMESSES ET PROBLEMES (1ère partie)

1. Inventaire des Technologies des Energies Renouvelables et les limites de leurs applications au Rwanda.
Par MPAWENAYO Prosper
 2. Quelques résultats de recherche sur les foyers améliorés au Rwanda.
Par NZABONIMANA Camille
 3. Expériences des Cuisinières Améliorées dans d'autres pays.
Par RUTH DEER
 4. Innovation en ERTA et changement en développement communautaire.
Par TWAGIRAMUTARA Pancrace
 5. Les Programmes du Centre d'Etudes et de Recherches sur les Energies Renouvelables. - CERER - DAKAR-SENEGAL
Par Abdoulaye M'BOW
 6. L'exploitation des Energies Renouvelables : L'Expérience Nigérienne
Par Albert WRIGHT
-

1 B1-

INVENTAIRE DES TECHNOLOGIES DES ENERGIES
RENOUVELABLES ET LES LIMITES DE LEURS
APPLICATIONS AU RWANDA

Par Prosper MPAWENAYO
Chercheur au Centre d'Etudes et
d'Applications de l'Energie au Rwanda -
Université Nationale du Rwanda -
Campus universitaire de Butare -
B.P. 117, BUTARE

Résumé

Il est présenté un inventaire des technologies auxquelles pourrait être fait recours pour rendre les sources non conventionnelles d'énergie; le soleil, les matières organiques et les courants fluides; plus utiles à l'humanité qu'elles ne l'ont été à date.

Les technologies qui sont les outils de la conversion d'une à l'autre des formes électromagnétique, thermique, mécanique, thermo-dynamique, chimique et électrique de l'énergie présentent des avantages et des inconvénients.

L'objectif est de faire un rapprochement entre ces avantages et inconvénients et les réalités rwandaises en matière de l'énergie et de l'environnement et proposer une grille de sélection pour un choix énergétique adéquat. Les turbines hydrauliques et éoliennes ne sont pas l'objet de commentaires étant donné qu'elles sont bien connues déjà.

Force est de constater après un tour d'horizon que la technologie actuellement disponible au Rwanda permettrait de satisfaire les besoins énergétiques d'un certain nombre de domaines limités à l'habitat.

Enfin le point de vue de l'hydrogène, présenté comme source d'énergie pour l'avenir est défendu.

Introduction.

L'énergie du rayonnement solaire, celle contenue par les matières organiques, celle véhiculée par les courants fluides d'eau ou d'air sont regroupées sous la dénomination "Energies Renouvelables" par opposition à la nature limitée des gisements pétroliers, et d'une manière plus générale à l'impossibilité de recycler les hydrocarbures extraits de ceux-ci (pétrole, charbon, gaz) qui constituent à date, la source la plus importante de l'énergie consommée par le monde développé.

Ces formes renouvelables d'énergie à l'exception de l'énergie géothermale ont le soleil comme père. Cela reste vrai pour les sources classiques ou conventionnelles. C'est le caractère inépuisable de l'énergie solaire à l'échelle humaine qui rend renouvelables ces énergies, jusqu'à hier négligées mais désormais intéressantes, à plus d'un égard.

Il sera présenté, les différents modes de conversion du rayonnement solaire, les technologies liées à la conversion des énergies renouvelables et leurs applications. L'hydrogène sera enfin présenté comme le trait d'union entre toutes ses formes et la source renouvelable d'avenir. Le tableau 1, qui résume les différentes formes d'énergies renouvelables, trace également les voies de leur conversion vers les utilisations.

On parlera de conversion photobiologique (CPB) dont le produit est toute la matière organique, de conversion photothermique (CPT) dont la chaleur peut résulter, de conversion photovoltaïque (CPV) qui génère une tension continue et de conversion photo-chimique (CPC), qui peut avoir toute une variété de produits énergétiques.

Chap. I. Des technologies liées à l'exploitation des énergies renouvelables et leurs applications. (7)

1.1. De la Technologie de la conversion photothermique.

La technologie liée à la conversion photothermique est ancienne; le séchage des produits agricoles ou animaux au soleil était connu des ancêtres et demeure le procédé de séchage le plus répandu dans le pays. Tout corps absorbe une certaine fraction du rayonnement solaire et s'échauffe et/ou sèche. C'est un absorbeur de rayonnement.

Dans d'autres sociétés, des formes plus sophistiquées de cette technologie ont été expérimentées aux cours des siècles.

- Dès l'antiquité, les Egyptiens savaient utiliser le verre qui est transparent pour protéger un corps exposé au soleil pour en élever la température par rapport à celle de l'ambiance. C'est l'effet de serre.

- Archimède dit-on utilisa un jeu de miroirs plans disposés sur une enveloppe de forme paraboloidale pour brûler les galères romaines situées à 60 mètres de haut à Syracuse.

Buffon en 1647, démontra qu'il pouvait enflammer un fagot de bois ou fondre du plomb et de l'argent grâce à des miroirs réflecteurs disposés pour former un concentrateur de rayons solaires.

- Aux 17^{ème}, 18^{ème} et 19^{ème} siècles des expériences de Centrales solaires de chauffage, de distillation, ou produisant de la vapeur qui actionnaient des pompes marquèrent l'histoire de la technologie de plusieurs pays comme la France, l'Allemagne, l'Italie, l'Angleterre, l'Égypte et le Chili.

La technologie de la conversion photothermiques fait appel à un ensemble appelé capteur formé d'un absorbeur protégé du côté arrière pour limiter les pertes thermiques et d'un transparent du côté frontal qui laisse les rayons pénétrer dans le capteur tout en limitant les pertes thermiques dues au rayonnement et à la convection à partir de l'absorbeur même. Ce dispositif de matériaux va augmenter de dizaines de degrés centigrades la température de l'absorbeur par rapport à la température ambiante.

Le rayonnement atteignant la partie transparente de l'isolation peut être celui atteignant le sol ou être amplifié en intensité par le biais d'un concentrateur. Un fluide caloporteur le plus souvent l'eau ou l'air transporte la chaleur créée vers le stockage ou l'utilisation.

Le capteur sera caractérisé par la température maximale qu'elle peut atteindre sous une intensité donnée de l'éclairement solaire, et le rendement maximal de conversion.

La durée de vie est enfin la caractéristique la plus importante.

Ces caractéristiques sont fonction des paramètres suivants:

le facteur de mérite, la qualité et le nombre de vitrage de l'isolation frontale, la qualité et l'épaisseur de l'isolation arrière, le coefficient d'intensification du concentrateur, et la géométrie de l'absorbeur.

Il est important de souligner que le facteur de mérite dépend de la substance couvrant l'absorbeur; cette substance est connue sous le nom de couche sélective.

La conversion du rayonnement solaire en chaleur implique les propriétés optiques d'une variété de matériaux. Il est exigé que ces matériaux interagissent avec le rayonnement à un rendement optique optimum. On exigera une haute qualité de réflexion ou une haute qualité d'absorption dans des longueurs d'onde déterminées. Les matériaux devront ne pas être rares, être peu chers et durables. C'est cette dernière exigence qui, jusqu'à date, semble difficile à satisfaire.

Les causes majeures de la dégradation des surfaces capteurs solaires sont: la corrosion à vapeur d'eau, la crasse, la diffusion interfaciale, l'ablation, la délamination dues aux corps chimiques présents dans l'atmosphère, les transformations photostructurales et la fatigue ou dégradation dues aux cycles de température.

La sélectivité s'obtient par les couches à sélectivité naturelle, les "miroirs sombres", les "miroirs à chaleur", la discrimination géométrique de l'onde frontale, la superposition de couches à caractéristiques interférentielles.

Les matériaux à sélectivité naturelle sont communément trouvés, notamment parmi les carbures et nitrides des métaux de transition à structure cubique.

Le noir de Molybdène a été essayé au laboratoire de Tucson en Arizona aux USA avec succès

Les oxydes métalliques pour la plupart, des semi-conducteurs intéressants, du point de vue gap d'énergie sont les candidats comme absorbeurs sélectifs. Cependant, aux basses températures, ces oxydes ont une absorption assez basse (0,80-0,85) et une émissivité moyenne (0,10-0,40). Ils ne sont pas utiles pour les hautes températures.

La superposition des couches à caractéristiques optiques interférentielles, ou la superposition d'une couche semi transparente sur un métal bien poli ou une couche métallique réfléchissante dans l'infrarouge et absorbante dans le visible produisent de bonnes couches sélectives.

L'interférence a lieu dans le semi-conducteur après réflexion sur la surface de la couche inférieure. Une double séquence de Al_2O_3 (80 nm) sur du MO (17 nm) et Al_2O_3 (40 nm) sur du MO (80 nm) a une absorption de 0,95 et une émission de 0,06.

La sélectivité par discrimination de l'onde frontale a été découverte par le professeur Tabor. Elle s'obtient par la rugosité de la surface absorbante, laquelle, si elle est ordonnée peut favoriser l'absorption du rayonnement solaire à caractère directionnel et travailler contre l'émission infrarouge à caractère hémisphérique.

Les techniques principalement utilisées pour créer les couches sélectives sont celles de l'électrodéposition, le trempage, la déposition chimique en phase gazeuse, la peinture, l'oxydation. Les travaux de recherche en cours et futurs permettront de découvrir d'autres approches pour mettre au point de nouveaux matériaux capables de mieux répondre aux exigences de la technologie solaire. Une approche prometteuse est le dopage de semi-conducteurs à très haut gap d'énergie (3 eV). Parmi ces composés comptent les oxydes d'indium et d'étain et le stannate de Cadmium. Ces matériaux sont intéressants pour ceux qui ont une haute réflexion dans la bande de la fenêtre atmosphérique (autour de 10μ) pour la réfrigération nocturne en zones sèches.

Les limites des sélectifs naturels, à la réalisation des absorbeurs au rendement voulu, exige que l'on jette un regard sur la superposition d'un réflecteur sélectif au-dessus d'un absorbeur noir pour mettre au point un miroir à chaleur (Heat mirror) ou sur celle d'un absorbeur sélectif au-dessous d'un miroir blanc pour mettre au point un miroir sombre (Black mirror). (9)

Le miroir sombre est plus facile à réaliser que le miroir à chaleur étant donné que nombreux solides absorbent les photons à haute énergie (visible) et sont transparents aux photons à moindre énergie (infrarouge lointain).

Le choix des matériaux est une question qui a toujours provoqué beaucoup de polémique commerciale surtout en ce qui concerne les substances sélectives les réflecteurs, la qualité et le nombre

de vitrages.

De plus en plus, le choix est orienté par des critères techniques difficiles à contester et surtout fonction des applications envisagées.

La conversion thermique du rayonnement solaire est exploitée pour trois types d'applications :

Basses températures (jusqu'à 100°C) | Agriculture, Chauffe-eau domestique,
| Distillation, Pompe à chaleur,
| Séchage, Climatisation-bassins.

Moyennes températures (100°C - 200°C) | Stérilisation, Cuisine,
| Réfrigération

Hautes températures | Production d'électricité

Les applications aux hautes températures sont restreintes à la production d'électricité, et le procédé semble décourageant sur les plans économique, technologique et pratique.

Les applications aux basses températures intéressent au premier degré les pays en voie de développement. Ce domaine est assez poussé et a acquis l'attention de plusieurs expérimentateurs et praticiens.

Les applications aux moyennes températures paraissent moins élémentaires sur le plan technologique et économiquement rentables.

Un travail intense de recherche fondamentale et de recherche appliquée sur les matériaux est en train d'être fait surtout aux USA. Cependant le progrès réalisé a doré et déjà permis d'identifier les caractéristiques des capteurs. Cela est résumé dans le tableau II.

1.2. De la technologie de la conversion photovoltaïque. (5) (6) (10, 11)

1.2.1. Technologie du Silicium.

L'abondance dans la nature, l'utilisation courante dans les industries chimiques de l'électronique et de la métallurgie sont les critères qui plaident en faveur du silicium.

Cinq méthodes technologiques ont été réputées, aux États-Unis, susceptibles de baisser le prix du silicium monocristallin si les prévisions sont satisfaites.

Ces méthodes sont reprises dans le tableau ci-dessous ainsi que les prix correspondants du silicium monocristallin produit à partir du silicium polycristallin qui coûterait 14 \$/kg. Ces mêmes prix sont à comparer aux prix de la fabrication, de l'encapsulation et de l'assemblage des cellules.

Méthode technologique (S)	:	Prix \$/m ²
Czochralski (Cristallisation et découpage)	:	27,4
Echangeur thermique (HEM) (Cristallisation et découpage)	:	36,3
(EFG)	:	23,3
(WEB)	:	38,6
Silicium sur céramique (SOC)	:	14,8
Coût de fabrication de la cellule	:	21
Encapsulation	:	14
Assemblage en module	:	14

Czochralski :

La méthode consiste à cultiver le cristal à partir du silicium fondu.

Le silicium polycristallin est placé dans un contenant en quartz, lequel contenant est introduit dans un milieu au vide poussé et chauffé jusqu'à la température de fusion du silicium. Une graine de silicium monocristallin est abaissée jusqu'à la surface du liquide, puis tournée dans un sens pendant qu'à la fois on tourne le contenant en quartz dans le sens inverse. On fait simultanément effectuer à la graine un mouvement ascendant.

Les morceaux ainsi formés ont 8 cm de diamètre et 75 cm de long.

On les découpe par la suite en très minces (25 par cm) plaques auxquelles on peut par après donner un contour polygonal. Ce procédé perd autant de matériaux qu'il en produit.

HEM (Heat Exchanger Method)

Un contenant cubique renfermant du silicium fondu est laissé refroidi sous contrôle à partir d'un point où se trouve un grain de monocristal.

Le morceau obtenu (30-35 cm de côté) est découpé. Il est monocristallin sauf sur les bords.

Une approche pour partir du silicium métallurgique est possible.

EFG (Edge Film Growth).

Développé d'abord par Mobile Tyco Solar Energy Corp, le procédé fait germer des tiges de silicium monocristallin en plongeant deux lames d'adhérants (dies) qui créent une capillarité dans le liquide. Le silicium liquide monté dans le capillaire cristallise et peut en être tiré sous forme de feuillet.

WEB

Elle ressemble à la méthode EFG, avec la différence que cette fois-ci il s'agit de deux dentrites de silicium qui sont plongées dans le liquide puis lentement retirées. La capillarité emporte le silicium entre elles et la solidification en fait un monocristallin.

SOC

Le procédé utilise un substrat de céramique pour la cristallisation du silicium fondu.

Développé par Honeywell, le procédé utilise le carbone comme adhésif pour le silicium liquide. Le cristal soutient beaucoup de graines polycristallines.

Dopage et Homojonction.

L'homojonction se fait par 2 principaux procédés généraux: la diffusion thermique et l'implantation ionique.

Diffusion

Généralement, une des parties de la jonction est d'abord dopée souvent c'est au stade même de la préparation du substrat.

Le substrat est placé dans un four contenant des gaz de l'impureté désiré.

Les atomes de l'impureté diffusent dans le substrat.

La pénétration des impuretés dépend de la température du four, durée de l'opération, de la concentration et la diffusivité.

Si en particulier la concentration des atomes de l'impureté reste constante, le profil de la concentration est décrit par la fonction-erreur.

La diffusion thermique se fait dans un tube.

L'équipement de base comprend:

- une bonbonne d'oxygène haute pression
- une bonbonne d'azote haute pression
- un bain à température élevée constante pour maintenir la source d'impureté à l'état liquide ou gazeux
- un tube en quartz connecté à une ventilation $800-1000^{\circ}\text{C} \pm \frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$

Les sources de dopants (impuretés) sont B_2O_3 , BBr_3 , BCL_3 pour le bore et P_2O_5 , POCL_3 , P_2H_6 pour le phosphore. B_2O_3 et P_2O_5 sont solides, BBr_3 et POCL_3 sont liquides, BCL_3 et P_2H_6 sont gazeux.

L'azote a la fonction d'emporter dans son flot des atomes du composé - source de dopant.

L'oxygène réduit le composé - source pour produire un oxyde de l'élément dopant. L'oxygène est ensuite déplacé par le Silicium pour libérer l'élément dopant. Une oxydation du silicium prend également place.

La jonction est d'une profondeur d'environ $0,3-0,4 \mu\text{m}$ tandis que sa résistance électrique est de $40-100 \Omega$. (Laboratoire de l'Université de Bologna). (7)

Un manque de contrôle sur les différentes réactions et la précipitation d'éléments non désirés rendent le procédé imparfait.

Implantation ionique

C'est l'implantation de particules énergétiques chargées dans une substance.

Les avantages de ce procédé sur le précédent sont:

- 1) Contrôle précis sur le nombre d'atomes d'impureté introduits
- 2) Contrôle de la profondeur de pénétration
- 3) Plusieurs associations, substrat-ion, possibles
- 4) Une plus grande concentration est possible

Son inconvénient est la détérioration du substrat par les particules

Les appareils mis en jeu sont essentiellement :

- un générateur d'ion
- un accélérateur d'ion
- un séparateur de masse
- un réflecteur
- un jeu de bains chauffés pour contenir le substrat

L'opération d'"annealing" par rayon laser ou thermiquement doit suivre pour éliminer les défauts causés par les particules à hautes énergies lors du bombardement.

La concentration et la pénétration des ions dépendent de la puissance de l'accélérateur, de la quantité d'ions libérés: le profil de la concentration est une gaussienne dont le peak est à profondeur non nulle et qui s'étale en se rapprochant de la profondeur zéro si la durée de l'implantation augmente.

L'équipement du laboratoire de l'Université de Bologna dédié à l'implantation ionique occupe 2 chambres et sa longueur totalise 8m. Le coût de l'équipement est supérieur à 500.000 \$.

Collection de charges

La jonction entre deux types n et p de semi-conducteurs génère un mouvement de charges (électrons et trous) dont le chemin à travers la cellule n'est pas libre. Elles courent le risque de se recombiner pour annuler le courant net.

Cela est évité par l'adjonction d'une troisième couche formée d'autres impuretés ou ions ou même des perturbations dans la structure.

Une fine plaque métallique à l'arrière et un réseau de très fins fils métalliques à la face frontale servent à la collection du voltage.

Une couche fine et anti-réfléctive en TiO_2 ou SnO_2 ou Ta_2O_5 est déposée à la face frontale.

1.2.2. Silicium Polycristallin.

SERI (Solar Energy Research Institute USA) est un des champions de la recherche sur le silicium polycristallin.

L'objectif est de mettre au point une cellule aussi performante que celles basées sur le monocristal de silicium à un moindre coût de production.

Le rendement des diverses cellules mises au point par ses nombreux contractants s'étale de 1,6% à 14,1%.

L'étude de la stabilité et de la reproductivité tend à poser le doute sur la viabilité de ce type de cellules.

Les recherches se poursuivent sous la bannière des firmes Honeywell, Motorola, RCA.

a) Obtention du semi-conducteur.

Les procédés de préparation ressemblent à certains utilisés pour l'obtention du silicium mono-cristallin.

SOC

C'est un procédé "épitaxial". De fines couches de silicium métallurgique (100 nm) ou de silicium hautement dopé (silicium des usages électroniques) sont déposées sur un substrat de céramique sur lequel du silicium va se cristalliser en une épaisseur d'environ 30nm. Ce procédé est exploité par "onneywell".

EB/RTR (Electron Beam/Laser Beam)

Le procédé consiste à cristalliser de fines couches de silicium polycristallin liquides déposées par la méthode (CVP) de déposition en phase gazeuse ou par celle (HPP) du plasma à haute pression à l'aide de rayons lasers ou de faisceaux d'électrons.

Les couches sont déposées sur un substrat réutilisable de Molybdène d'où elles sont décollées par la technique des contraintes thermiques de cisaillement (Thermal Expansion Shear Stress technique TESS). Les procédés exploités par Motorola ont permis un rendement de 13,4%.

EPI/HEM

C'est le procédé de l'échangeur thermique, des couches minces (15-30) sont cristallisées par "épitaxy" sur de larges substrats de polycristal préparés par un procédé de "solidification directionnelle" (HEM).

b) Dopage homojonction-Collection de charge-couche antiréfléctive

La technologie est essentiellement la même que pour le silicium monocristallin.

1.2.3. Silicium Amorphe.

C'est depuis qu'en 1974 Carlson et Wronski de RCA Laboratories ont fabriqué les premières cellules photovoltaïques par une jonction barrière de Schottky entre métaux et fines couches de Si:H et par une jonction du type p-i-n, la recherche sur le silicium amorphe a pris une importante expansion à travers le monde en particulier au Japon et aux USA.

Aux USA, le programme tracé et conduit par SERI comprend 3 sphères d'activités:

- Recherche des matériaux amorphes
- Etude et caractérisation des propriétés physiques du matériau et de la cellule.
- Technologies des matériaux amorphes en général

Les principaux matériaux amorphes identifiés sont:
a-Si:H, a-Sc:H, a-GaAs, a-Si:H:F alliage de Si et Ge.

Des variétés de jonctions p-n, p-i-n, Schottky et Cascade ont permis d'obtenir des rendements allant jusqu'à 6% aux USA.

Les couches minces 0,1 - 1 μ m sont formées par la méthode (CVP) de la déposition en phase gazeuse avec des substrats variés (acier, LiO , plastique, ...).

Au Japon, le professeur Hamakawa et son équipe a atteint un rendement de 7,5% à OSAKA University.

Une variété de méthodes techniques: Absorption infra-rouge, Photoluminescence, Spectroscopie photo acoustique... servent à étudier les propriétés électroniques des matériaux amorphes sanctionnés comme utilisables à l'exploitation de l'effet photovoltaïque.

Des efforts tangibles ont commencé à se déployer dans la détermination des technologies appropriées à ces structures et des sous-classes d'alliages de Silicium comme Si:C et Si:B, et de bore sont découvertes. L'inconvénient à surmonter est la limite à la réponse spectrale qui ne passe pas encore le plafond de 0,5 μ m à cause de la densité d'états - défauts dans la bande interdite.

Le second inconvénient est le fait déjà observé de la réduction de la longueur de diffusion des porteurs minoritaires après une longue exposition au soleil.

1.2.4. Cellules au Cds (Sulfure de Cadmium).

Parmi les cellules non-basées sur le Silicium, la cellule de l'hétéro-jonction Cu₂S/Cds est la plus avancée. Le développement a atteint une maturité telle que 2 usines aux USA et une en France, en fabriquent des cellules commerciales. La seconde innovation est la fabrication de la cellule CuInSe₂/Cds réalisée par Boeing en 1980 avec la possibilité de remplacer le composé ternaire par d'autres du genre comme CuIn_{1-x}Ga_xSe_yTe_{2-y}.

. Obtention des semi-conducteurs (5)

Technologie de la couche mince de Cds

Déposition en phase gazeuse (CVD).

Le Cd et le S sont vaporisés sous vide puis déposés sur un substrat en même temps la réaction de combinaison a lieu.

La température du substrat est impérativement dans le domaine de 180-200°C parce qu'au dessus de 200°C le Cd s'évapore et ne saurait combiner avec le S.

Le contenant est en quartz ou en Tantale mais ce dernier ne dure pas parce qu'il donne lieu à la réaction qui produit le Ta₂S₄.

La même opération peut être amenée aussi à partir du Cds pur vaporisé à une température du contenant voisine de 100°C. Le substrat est en Kapton ou en une autre matière pouvant supporter la chaleur.

Déposition par réaction cathodique (Sputtering).

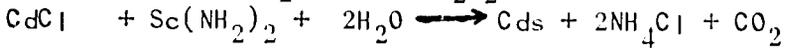
On décompose une cathode de Cds compact déjà dopé avec InCl₃ ou CdI₂ dans une atmosphère d'Argon.

L'avantage du procédé est d'obtenir une couche qui a la même composition que la cathode et qui est plus adhésive.

Déposition réactive (chemical spray deposition)

Une solution contenant les éléments nécessaires à la formation du Cds est injectée sur un substrat.

La méthode est cotée comme moins chère et exploitable à l'échelle industrielle. A une température supérieure à 250°C et si on part des composés CdCl₂ et SC (NH₂)₂ la réaction est la suivante :



Une évacuation des gaz de la réaction est aménagée.

Sintered Layer.

C'est un procédé qui part d'un mélange de Cds et CdCl₂.

On chauffe le mélange entre 500 et 800°C, le Cds se dissout dans le CdCl₂ déjà en ébullition à partir de 400°C jusqu'à 500°C.

Il suffit alors de cristalliser le Cds pour le récupérer.

1.2.5. Obtention du Cu₂S et formation de l'hétéro-jonction Cu₂S/Cds

Immersion (Topotaxial)

On plonge la couche de Cds dans une solution contenant Cu⁺⁺.

Une réaction qui consiste à sacrifier une partie des molécules de Cds en y remplaçant l'atome Cd par 2 atomes Cu.



X peut être I, Br ou Cl₂.

La réaction a lieu généralement dans une solution aqueuse à 90-100°C ou dans un liquide organique.

Exemple :

6 g/l CuCl₂, 2g/l NaCl, 1Cl/1 hydrozine pH 3,5 (ajusté avec du HCl) telles sont les conditions.

Evaporation du CuCl

Au lieu d'immerger la couche de Cds, on lui évapore dessus du CuCl et par des procédés techniques, un échange d'ion entre Cd⁺⁺ et 2Cu⁺ a lieu.

Philips a récemment utilisé le procédé et obtenu une cellule d'un rendement de 8%.

Evaporation du Cu₂S.

L'évaporation directe du Cu₂S ou du Cu suivie d'une sulfuration sur une solution benzénique ou dans du H₂S est un procédé déjà essayé mais ses résultats ne sont pas fameux.

Déposition électrolytique

Les résultats ne sont pas encourageants.

Méthode de pulvérisation.

L'eau est le solvant de sels de Cu (CuCl) mais on préfère les solvants organiques (CH_3CN), l'usage de l'eau donnant lieu à l'oxydation de la couche de Cu_2S .

Il est à remarquer que les cellules de $\text{Cu}_2\text{S}/\text{Cds}$ sont à face directe (illumination frontale) ou à face arrière (illumination par face arrière).

Les meilleurs résultats sont observés sur les cellules formées à partir du Cds obtenu par évaporation et du Cu_2S obtenu par immersion.

La jonction est finalement formée thermiquement ($150-200^\circ\text{C}$) pour réduire la résistance interne de la cellule et en améliorer le facteur FF. 9,15% de rendement a été obtenu par X.E.C. de Delaware Newark.

Des paramètres demeurent inconnus au sujet de la cellule $\text{Cu}_2\text{S}/\text{Cds}$ notamment la concentration des donneurs dans le Cds et des accepteurs dans le Cu_2S , ainsi que la géométrie de la jonction.

Des progrès restent à faire pour élucider les diverses questions et augmenter la durée de vie de la cellule $\text{Cu}_2\text{S}/\text{Cds}$ jusqu'à alors non satisfaisante pour la rendre compétitive à celle du silicium.

1.2.6. Obtention du CuInSe_2

Le CuInSe_2 a donné un plus haut rendement et une meilleure stabilité que le Cu_2S en jonction avec le Cds.

Boeing a réalisé une cellule de 9,4% de rendement.

La mince couche de CuInSe_2 a été obtenu par Boeing est la co-évaporation des 3 éléments Cu, In et Se sur du molybdène point d'aluminium.

Formation de la jonction, collection des charges et traitement optique.

Pour la cellule $\text{Cu}_2\text{S}/\text{Cds}$ une fenêtre optique en ITO (indium Tin Oxide), en Ta_2O_5 ou SnO_2 est déposée au dessus de la grille métallique servant à la collecte des charges à la face frontale.

La grille est soit en Argent, Or ou en Aluminium.

Le cuivre n'est jamais utilisé dans la collection de charge à cause de sa haute diffusivité.

La collection de charges à la face arrière est souvent réalisée avec l'étain, l'Aluminium ou l'Argent.

Pour la cellule $\text{CuInSe}_2/\text{Cds}$, la fenêtre utilisée par Boeing est en oxyde de silicium.

La grille frontale et le substrat formant le contact arrière sont en aluminium.

1.2.7. Cellules au GaAs.

Les Cellules au GaAs sont récentes et ont la bonne réputation d'utiliser le Ga qui est un matériau déjà exploité aux fins de la manufacture électronique.

Le Gallium (Ga) a ainsi un gap intéressant de 1,4 eV pour permettre de n'utiliser qu'une couche de 2 μ m afin d'obtenir l'effet photovoltaïque.

Les efforts de recherche investis ont permis de faire des couches minces de moins de 5 μ m, en utilisant les procédés de la déposition polycristalline sur le substrat de W-C enduits de graphite, de CVD, de réduction de fines couches de GaAl, de traitement au ruthénium de couche de GaAs et de passivation de graines de GaAs. Les cellules au GaAs développées par SERI sont des homo-jonctions protégées à l'avant comme à l'arrière par des dopages élevés en p ou en n et par une couche anti-réfléctive en Ta₂O₅ ou TiO₂ ou même Sn à la face frontale.

Le rendement théorique de 26% de la cellule encourage les chercheurs 10% des cellules de silicium et au sulfure de cadmium.

Une homo-jonction très peu profonde, réalisée par le procédé Culture latérale par déposition chimique du GaAs a atteint un rendement de 17% sous l'égide de SERI.

Le GaAs est utilisé actuellement dans la recherche pour la mise au point des cellules à très haut rendement formées de 2 jonctions ayant des réponses spectrales complémentaires pour couvrir un grand domaine du spectre solaire.

Les jonctions avec Al GaAs/GaAs avec AlGaAsSb ou AlGaInAs obtenus par "epitaxy" en phase liquide ou par déposition chimique métallorganique (MC-CVD) sont essayées par Research Triangle Institute RTI et Varian aux USA.

Les différentes jonctions sont formées séparément puis jointes par procédé thermique.

Le substrat du dessus est ensuite décollé.

Les dépôts p⁺Se et Ge et le départ n⁺Te sont utilisés.

Au niveau théorique, les jonctions Al/GaAs et GaAs/InSe ont été étudiées par SERI.

1.2.8. Récents domaines.(6)

- Cellule à Cascade

- Cellule à concentration : ce sont les mêmes cellules que celles décrites plus haut avec la différence qu'elles sont soit installées sous des concentrateurs externes, ce qui implique qu'elles sont fabriquées pour résister contre la chaleur ou qu'elles sont refroidies, soit encore qu'elles sont encapsulées dans des lentilles à fortes concentrations et les accessoires de conditionnement thermiques y restent présents.

Des concentrations allant de 2 à 500 et 1000 soleils sont faites.

- Cellules au CdTe

La jonction nCdTe/pCds a montré un rendement supérieur à 8%. Le plus haut rendement connu aujourd'hui de la barrière de Schottky:

Ta₂O₅ - Au - nCdTe - Cds - graphite qui est de 4,1%

- Cellules au Zn₃P₂

Le produit est très peu cher et abondant. Un gap de 1,5 eV, une grande absorption et une importante longueur de diffusion 4-10³ sont les propriétés qui indiquent qu'il est possible de fabriquer de très minces couches pour cellules solaires à bon rendement.

La méthode courante pour cultiver le Zn₃P₂ (cristallin) est la méthode du transport de vapeur en espace fermé (closed-spaced vapor transport CSVT) à une température supérieure à 550°C.

Le mica et le silicium semblent être de bons substrats.

Le Zn₃P₂ cultivé sur ces 2 substrats est bien orienté (10³ nm) et ne présente que les propriétés p de conduction.

Un dopage en MG procure les propriétés n de conduction.

Des homo-jonctions, barrières de Schottky et hétéro-jonctions avec le ZnO ont été réalisées avec succès.

- Le composé p-InP réalise aussi une bonne hétéro-jonction avec le Cds. Il sert à la base des cellules à concentration.

1.3. De la conversion photo-biologique

L'énergie de la biomasse est celle captée du rayonnement solaire (0,4 μ m à 0,7 μ m) par la chlorophylle des plantes, puis transformée par des réactions biochimiques successives complexes et enfin stockée sous forme chimique. Même si le rendement de ces transformations est minime (1%), l'abondance de la biomasse rend son énergie énorme par rapport à la quantité consommée par l'humanité.

L'utilisation de cette énergie par l'homme n'a cependant aujourd'hui pas trouvé l'intérêt requis de ce dernier. Seuls les digesteurs à méthane et les fermentateurs d'alcool ont servi à produire des combustibles utilisables autres que le bois.

La génération de l'énergie à partir de la biomasse doit viser chaque fois à l'obtention de combustibles devant satisfaire les critères suivants :

- a) un contenu énergétique élevé par volume
- b) non pollution
- c) utilité dans les applications à forte intensité énergétique
- d) satisfaction des besoins de la Nation.

Les combustibles recherches sont les alcools adoptés aux moteurs à combustion interne, le méthane ou le biogaz, et les combustibles solides tel que le bois, la bagasse et le charbon. Le tableau de la figure IV (1) inventorie les technologies par lesquelles la biomasse peut être transformée en énergie utile.

II. Conversion photo-chimique.

Elle envisageable pour la production d'une tension continue ou de l'hydrogène.

Elle essentiellement une imitation artificielle de la photosynthèse, imitation lors de laquelle un transfert de charges électriques ou de produits chimiques intervenant dans différentes réactions biochimiques en ionisation sont artificiellement créés.

En voici quelques détails techniques relatifs à ce sujet:

Conception d'une cellule photo-électrolytique solaire

Une cellule photo-électrique est essentiellement formée d'une jonction entre un semi-conducteur et un électrolyte redox derrière lequel se trouve un métal servant à la collecte de charge.

Une cellule utilisable à la structure de coupe suivante:

- une couche de verre à la couche frontale
- une couche conductrice reliée à l'une des bornes électriques
- une couche d'électrolyte redox
- une couche de semi-conducteur derrière lequel est soudée une autre borne
- un support arrière

Les bords latéraux sont hermétiquement scellés.

Il est possible d'obtenir une cellule à stockage interne par le biais des systèmes d'électrolytes redox, pourvu que les produits de la réaction soient inertes ou séparables à l'aide d'une cloison (membrane sélective) entre les deux électrodes.) Une contrainte provient de la capacité réduite des systèmes de redox solubles.

Une autre application est l'utilisation de l'électricité électro-chimique à la décomposition de l'eau pour produire de l'hydrogène pouvant servir comme combustible.

Même si la conversion photo-électrolytique a permis d'atteindre des résultats de rendement supérieur à 10% les problèmes de corrosion demeurent non résolus. Pour des raisons pratiques, seules les cellules à couches minces de semi-conducteurs semblent être économiques. Les semi-conducteurs de type p sont plus stables mais ne sont pas encore exploités. Des solvants, autres que les solutions aqueuses devraient être essayés. Un travail immense de recherche fondamentale reste à faire sur le sujet.

Chap. III. Les limites des Applications des Energies Renouvelables au Rwanda.

Tant que Energie et Environnement sont concernés, les principaux champs de bataille au Rwanda sont à notre avis dégagés du tableau III des consommateurs d'énergie.

Il s'agit en matière d'énergie, de la réduction de la consommation du bois pour la cuisine et le chauffage, de l'augmentation de la production d'électricité, de l'amélioration des conditions de conservation et de traitement des aliments et de la réduction de la dépendance vis-à-vis des produits pétroliers pour le transport et l'industrie.

En matière d'environnement c'est le boisement et la lutte anti-érosive, l'amélioration des conditions sanitaires et d'hygiène dans les habitations.

Le trait d'union entre les deux étant à notre avis l'exhaure de l'eau, le bois et les aliments.

Les énergies renouvelables offrent cependant des potentialités qui collées à celles des autres sources d'énergie pourraient permettre une adéquation énergétique et environnementale au Rwanda.

Le tableau V reprenant une évaluation comparative des différentes technologies mais d'ores et déjà on peut tirer les conclusions suivantes pour la gestion de l'énergie et de l'environnement au Rwanda: l'état actuel d'avancement technologique offre des solutions à un nombre de besoins énergétiques de l'habitat et les voies qui méritent l'attention sont:

En matière d'énergie.

- cuisinières améliorées pour la réduction de la consommation de bois
- biogaz plus pour la sanitation que pour la cuisine
- satisfaction des besoins énergétiques des agro-industries par le recyclage des déchets de l'agro-industrie et la valorisation des déchets
- satisfaction des besoins énergétiques associés à des réseaux électriques isolés des petites centrales - microcentrales à moyenne et basse tension - gaz pauvre, des gazogènes, biogaz où c'est possible.
- satisfaction des besoins énergétiques liés à des équipements isolés.
Éclairage, réfrigération, distillation, chauffage de l'eau dans les centres ruraux, télécommunication, hydraulique villageoise par l'énergie solaire.

- satisfaction des besoins énergétiques domestiques par une technologie simple permettant l'utilisation de l'énergie solaire et de la biomasse à cuisine - chauffe eau - séchage - éclairage climatisation et réfrigération - traitement des matières organiques.
- fournir l'énergie nécessaire au développement de certaines activités artisanales d'intérêt communautaire.
- canaliser, récupérer et traiter à l'aide des énergies renouvelables les eaux dévastatrices des toits d'immeubles et des espaces nus.

En matière d'environnement

- le reboisement, l'utilisation des cuisinières améliorées avec cheminée sont les solutions à la portée de la main.
- le biogaz présente un potentiel de solution à la sanitation si tous les autres aléas sont levés.
- les potentialités pour l'exhaure de l'eau restent limitées pour un relief comme celui du Rwanda, mais la canalisation, la récupération et le traitement des eaux de pluie et de ménage seraient des initiatives que le Rwanda ne regretterait jamais à notre avis.

Conclusion

La recherche parviendra-t-elle à combler les différentes lacunes? L'hydrogène est à l'avis de nombreuses personnes des sciences de l'énergie et de l'environnement de demain.

Chap. IV: L'hydrogène-unificateur des sources non conventionnelles d'énergie.

La question que tout le monde pose quand on parle de cette fascinante source dont on prend connaissance à la première leçon de chimie, c'est "à quel prix".

Voici quelques chiffres relatifs au coût de production.

Par l'électrolyse: 3,6 à 18,9 \$/10⁹ J.

Par thermochimie: 12,7 \$/10⁹ J aux USA.

Ces chiffres qui ne sont qu'indicatifs parce qu'ils tiennent compte de facteurs complexes montrent que le Kwh d'hydrogène coûté à la production est comparable au prix du Kwh électrique au Rwanda à la vente.

Il y a 1 molécule d'H₂ par cm³ de l'espace interstellaire. Le plus abondant dans l'univers même si sur la planète il est plutôt rare à son état pur (2% de l'atmosphère). 80% de l'énergie actuellement utilisée dans le monde provient des fossiles.

L'hydrogène par contre peut être converti en énergie mécanique avec 10 à 25% plus de rendement que les carburants fossiles.

Propriétés	Essence	Gaz naturel	Hydrogène
Densité kg/dm ³	0,73	0,7	0,84 x 10 ⁻⁴ (gaz) 0,71 x 10 ⁻¹ (liquide)
Point d'ébullition (°C)	38-204	- 156	- 253
Pouvoir calorifique inférieur Kj/kg gravimétrique, kj/m ³ volumétrique (%)	4,45 x 10 ⁴	4,5 x 10 ⁴	12,50 x 10 ⁴
Limites d'inflammation dans l'air (%)	1,4 - 7,6	5 - 16	4 - 75
Vitesse de la flamme m/s	0,40	0,41	3,45
Composition stoechiométrique dans l'air (volume %)	1,76	9,43	29,3
Température de la flamme dans l'air	2197	1875	2045
Température d'ignition	257	540	583
Luminosité de la flamme	Grande	Moyenne	Petite

L'hydrogène en résumé

1. peut convertir toutes les énergies en énergies utilisables (aussi les formes classiques que les formes renouvelables)
2. est adapté au stockage, au transport et à l'utilisation
3. est environnementalement adéquat
4. éliminera les conflits énergétiques
5. formera un système énergétique permanent et universel
6. rendra chaque pays indépendant et autosuffisant sur les plans énergétiques et bien-être de chacun

Selon Hubert C.S. la production du pétrole atteindrait son maximum en 1990 et 2000 puis la production du gaz naturel continuera à augmenter un peu mais Elliot et Turner ont prédit le sommet de la production des combustibles fluides autour des années 2010.

Si on convertit le gaz et l'essence à partir du charbon, la production des combustibles liquides atteindrait le sommet vers les années 2030 à un maximum de $3,7 \times 10^{15}$ Btu/year.

En même temps la pollution, celle de l'air en particulier provoquée essentiellement par la libération du CO_2 , CO , SO_2 , NO_x suies et cendres du transport, de la production d'électricité et de chaleur. En 1978, 1\$ est le coût de la pollution par gallon (3,8 litres) d'essence en termes de médicaments.

Cette pollution provoquerait les pluies acides qui tuent la flore et la faune aquatique.

Des prédictions disent qu'au rythme de la pollution même les océans deviendraient inhospitaliers pour les poissons et les plantes marines vers les années 2035.

Ces pluies acides attaquent la qualité et la quantité des plantes. Elles attaquent les édifices et les monuments par la corrosion et l'érosion.

Cette rareté de sources fossiles d'énergie ne fera qu'accentuer les conflits tant au niveau de l'exploitation, du prix, qu'au partage, qu'au transport.

La population mondiale de 5 milliards double toutes les 35 ans, la demande d'énergie augmente plus rapidement parce que les individus améliorent leur standing de vie et les pays avancés plus grands consommateurs d'énergie ne cessent de se développer.

La consommation d'énergie augmente toutes les 12 années.

Les sources conventionnelles ont des avantages qui sont la concentration, le transport mais elles sont non renouvelables.

L'hydrogène, qui est renouvelable, disponible en abondance dans les régions les plus pauvres de la planète en équilibrable répartition, capable de satisfaire les besoins énergétiques de tout genre verra-t-il son ère débiter demain ? C'est au prix d'efforts de recherches technologiques et d'investissements importants.

C'est sur cette note d'espoir mêlé à l'incertitude que je vous remercie de votre patiente attention.

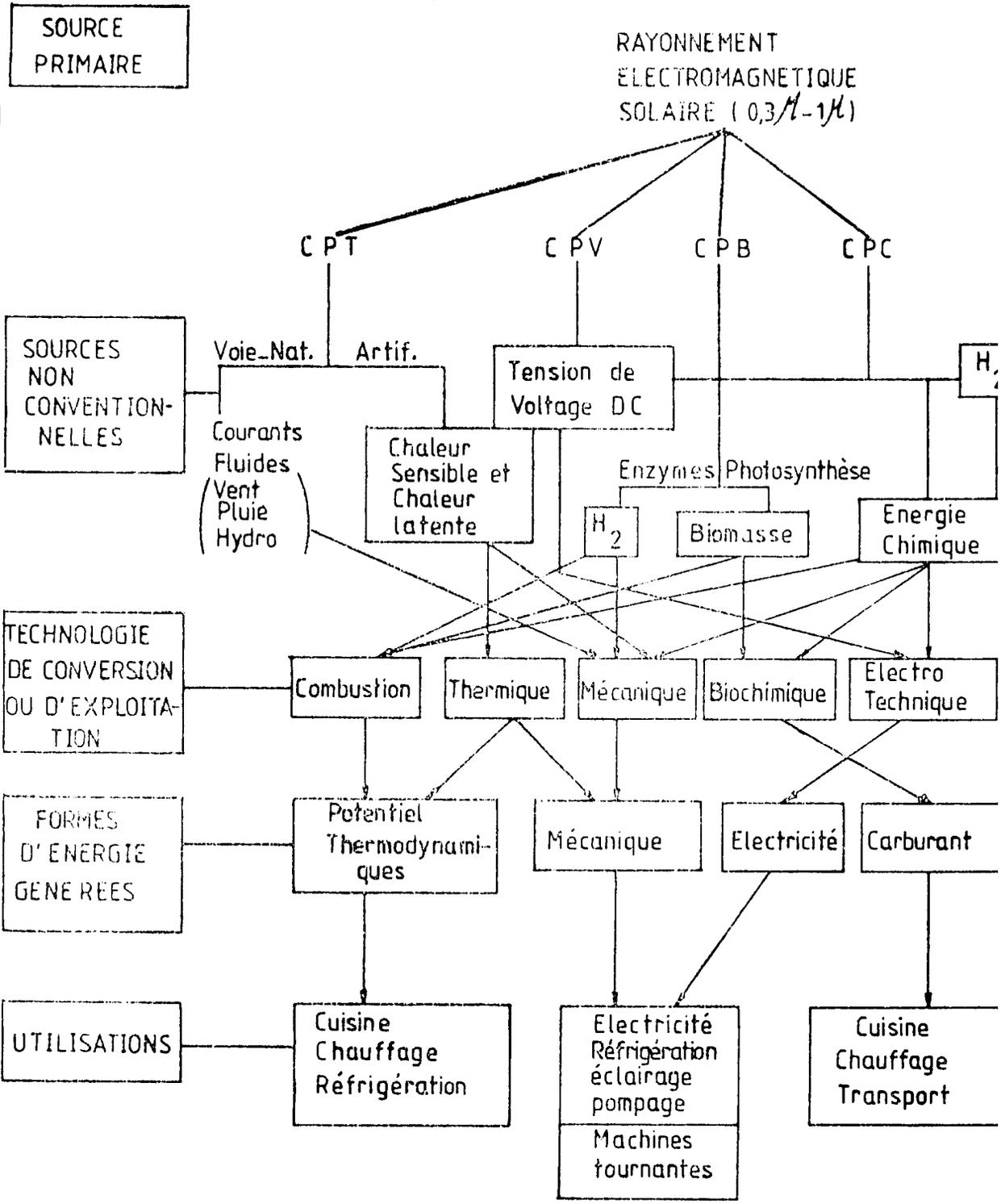


Tableau I

Tableau II

Tableau du choix des matériaux de la technologie de la conversion photothermique

Application	Capteur	Nombre de vitrages	Isolation	Absorbeur	Observation
Chauffage de l'eau Pompe à chaleur	Capteur plan sans concentration	1 vitre ordinaire de 3 mm	5 à 10 cm de bon isolant au côté arrière. • Etanchéité à l'air exigée • Pas d'évacuation du capteur	Peinture noire fine couche support mince en Al Cu ou Acier	Température: 40 à 100°C L'eau est le fluide caloporteur • Un double vitrage n'augmente en rien le rendement Aucune couche sélective n'est fiable quant à la durée de vie
- Séchage - Chauffe des maisons.	Capteur plan ou tente	1 vitre ordinaire ou même du plastique transparent	Optionnel	Une couche plastique noire	Températures basses 30 à 50°C L'air est caloporteur
- Distillation - chauffage piscine	Trappe à effet de serre	vitre ordinaire ou plastique transparent	Isolation arrière comme pour capteur plan	Acier, Al, Cu peint en noir Un réservoir en synthétique résistant à la corrosion supporté par du béton armé	L'eau à distiller est le fluide caloporteur températures de 30 à 50°C.
Cuisson Stérilisation	Four avec concentrateur	2 vitres	• Comme pour capteur plan • Possibilité d'évacuer le caloporteur et d'exploiter les couches sélectives si nécessaire	comme capteur plan avec structures rayonnantes	Couche sélective en structure anti-rayonnante en miroir de chaleur Température supérieure à 100°C

Application	Capteur	nombre de vitrage	Isolation	Absorbéur	Observation
Réfrigération	Capteur avec concentrateur non linéaires ou capteurs plans	2 vitres	Comme pour capteur plan Evacuation possible mais optionnelle	Comme pour capteur plan	Températures supérieures à 100°C.
Electricité	Four à haute concentration	-	Délicate; il faut matériaux Réfractaires	Matériaux poreux ou réfractaires	Température jusqu'à 4000°C Air est le fluide caloporteur Rendement très faible ~ 1% Coût exorbitant

Tableau III : Caractéristiques générales des cellules photovoltaïques

Matériaux	type	Maximum du rendement de laboratoire	Observations
Silicium monocristallin	simple avec couche anti-réflexive	23%	technologie du Si solaire chère
Silicium polycristallin		14,1%	technologie de cristallisation encore chère
Silicium amorphe	• sekottly • cascade	6%	Peu de chance d'évoluer
"	simple	5%	Commercialisé surtout en Europe
Cds/Cu ₂ S	Couche mince	8% à 16% selon le procédé de dopage et de jonction	Technologie accessible. Quelques cellules commercialisées déjà en France, Hollande ... Beaucoup d'avenir
Cu In Se ₂ /cdS	Couche m.	4	Début d'exploitation aux U S A
Ga As	Couche m.	17%	Encore en laboratoire
Autres	A concentration	25% et plus	Essayée sur les sites d'expérimentation
Autres	Simple	5 à 15%	Stade purement expérimental de mise au point

Tableau IV. Procédés de conversion de la biomasse

	Source Biomasse	Procédé de base	T	P	Produit
1. Biologiques					
1.1 Fermentation	Canne à sucre, manioc sorgho	fermentation anaérobie	25-40°C	1 Atm	Ethanol 5% humide 6000 kcal/kg
1.2 Hydrolyse enzymatique + fermentation	déchets de patates et de manioc	hydrolyse enzymatique jusqu'au lactose suivie de fermentation aérobie	25-70°C	1	"
1.3 Hydrolyse enzymatique + fermentation	cellulose du bois	cellulose, glycose puis fermentation aérobie			"
1.4 Biodigesteur	déchet 20% solide	digestion anaérobie	30-60°C		méthane/ méthanol/ mazout 6000 kcal/kg.
2. Procédés biochimiques					
2.1 Hydrolyse par l'acide sulfurique + fermentation	Morceaux de bois	Conversion de la cellulose ou glycose par H ₂ SO ₄ catalytique puis fermentation	200°C	17	Ethanol 5% 6000 kcal/kg
2.2 (2.1 avec HCl concentré)	Morceaux de bois	"	160 °C	-	"
2.3 Hydrolyse mécano-chimique	Sciure fine	"			Essence 5% Charbon 6.500 - 7%

	Source Biomasse	Procédé de base	T	P	Produit
3. Procédés chimiques					
3.1 Extraction de solvant + Estérification	graines d'huiles	Extraction huile puis estérifica- tion méthano- lique	130/60	"	huile/mazout S.200 - 3%
4. Thermochimiques					
4.1 Fours	bois-biomasse sèche		500 °C	"	charbon autres combus- tibles
4.2 Pyrolyse à haute tempé- rature	bois	Gazéifica- tion	1200 °C	40	méthanol et essence + 700 kcal

Tableau V

Evaluation comparative des technologies des énergies renouvelables au Rwanda.

Critères	Technologies	Distillateur solaire	Eclairage photovoltaïque	Réfrigérateur solaire à absorption
1. Etat de développement		Opérationnel, mais pas de diffusion	Opérationnel	Expérimental
2. Simplicité de conception. Possibilité de fabrication locale		Oui	Moyenne	Complexe
3. Simplicité d'utilisation		Oui	Oui	Complexe
4. Entretien possible par les utilisateurs		Oui tous les 6 mois	Eventuellement	Non
5. Stabilité et durée de vie		Limitée par corrosion	Bonne si bonne sélection des composantes	Probablement élevée
6. Coût d'investissement		Assez cher pour individu	cher pour l'instant	très cher
7. Rendement énergétique		Moyen (20%)	5%	Faible (1 à 5%)
8. Rendement énergétique		Moyen (20%)	5%	Faible (1 à 5%)
9. Capacité usuellement envisagées		Quelques litres, quelques m ³ /jour	10W à 10KW	Variable
10. Possibilité de stockage		-	Oui	Oui, réservoir d'eau réfrigérée
11. Réponse à un besoin prioritaire		Oui (dispensaires, garages, déserts).	Oui	Oui, pour la conservation des vivres
12. Acceptabilité psychologique		Bonne	Excellente	Pas encore testé
13. Nécessité d'un effort de vulgarisation préalable		Oui	Oui	Oui
14. Effets économiques et sociaux indirects		Fourniture d'eau distillée	Education, vie familiale, santé	Economie d'électricité

15. Eventualité d'améliorations portantes	Pas au niveau de la conception mais au niveau de la stérilisation de l'eau produites	Oui par les cellules, Non pour les systèmes	Oui
16. Eventualité d'une grande baisse des prix unitaires	Non	Oui	Non
17. Remarques	Fort intéressant pour dispensaires, hôpitaux et garages	Produit justifiant une large industrialisation	un avenir certain

Tableau V (suite)

Pompage photovoltaïque	Four solaire à haute température	Cuisinière solaire	Chauffe-eau solaire
1. Expérimental	Expérimental	Expérimental	Produit commercial
2. Moyenne	Complexe	Variable	Oui
3. Oui	Complexe	Non	Oui
4. Mécanique Oui	Non	Eventuellement	Oui
5. Cher	Incertaine	Moyenne	Très bonne
6. Très cher	Très cher	Cher	Assez élevé
7. -	Elevé	Faible	Peu élevé
8. Faible	Faible (1 à 5%)	Moyen	Elevé
9. jusqu'à hauteur de 50 m	> 50 KW	≤ 500 W	100 l-1 000 l.
10. Oui bon	Non	Non	Oui
11. Oui	Non	Indiscutablement	Oui pour l'hygiène et l'industrie
12. Oui	-	Discutable	Excellente
13. -	-	Indispensable	Oui
14. exhaure de l'eau	Economie de combustible	Diminution de la déforestation, allègement des budgets des ménages	Economie d'électricité
15. Limitée	Non	Peut être	Non
16. Non	Non	Baisse limitée	Baisse limitée
17. Utiles pour les Communautés	-	Sans stockage	Produit solaire "au point"

Tableau V (suite)

Séchoir solaire	Biogaz	Générateurs éoliens	Micocentrale électrique
1. Opérationnel, pas de diffusion	Expérimental nombreuses réalisations	Opérationnels	Commercial
2. Oui	Oui	Elevée	Non
3. Oui	Moyenne	Moyenne	Bonne
4. Oui	Oui	Non	Non
5. Bonne	Elevée	Elevée	Elevée
6. Bon marché	Moyen	Assez élevée	Elevée
7. Très faible	Peu élevé	Faible	Faible
8. Moyen	Peu élevé	Faible	Bon
9. Quelques dizaines, 2 kilos à la fois	1 à 50 KW	1 à 5 KW	10 à 100 KW
10. -	Oui, matière première ou gaz	Selon l'usage de l'énergie	Pas nécessaire sauf en cas de retenue
11. Oui	Oui	Pas de vent au Rwanda	Oui
12. Moyenne	Moyenne	-	Rien à dire
13. Indispensable	Effort intense nécessaire	Non	Non
14. Réduction des pertes de récoltes, amélioration de la qualité	Autonomie énergétique de petits centres	-	Centres isolés Energies pour la production
15. Oui	Non	Non	Non
16. Non	Possible mais pas de beaucoup	Non	Non
17. La formation usagers conditionne son développement	Utilisation facile du gaz : cuisine, moteurs, etc. L'investissement pour l'utilisation familiale ne se justifie pas	-	Possible de créer des éoliennes par vents artificiels obtenus par chauffage solaire

Tableau V (suite)

Micro-centrale Mécanique y compris les béliers hydrauliques	Cuisinières améliorées	Gazogènes	Biofuels liquides
1. Commercial	Expérimental début de diffusion	Commercial mais pas fini	Expérimental
2. Non	Oui	Complexe	Complexe
3. Bonne	Bonne	Oui	Non
4. Non	Oui	Oui après formation	Après formation
5. Elevée	Bonne	Moyenne	Difficile à estimer
6. Elevée	Faible	Assez cher	Cher
7. Faible	Pas	Assistance permanente	Nécessaire
8. Bon	Moyen	Moyen	Faible
9. 1 à 10 KW	2 à 5 Kg de bois/jour	Variable	Variable
10. Pas nécessaire sauf en cas de retenu	-	Non	Produit
11. Oui	Oui absolument	Discutable	Pas encore appliqués
12. Rien à dire	Rien à préciser	Inconnu	Inconnu
13. Non	Oui	Oui	Oui
14. Centres isolés Energies pour la production	Centres isolés Energie pour la production	Decentralisation de l'énergie - Récupération des déchets	Remplacer les fuels pétroliers
15. Non	Non	Peut-être	Oui
16. Non	Non	Non	Non

Tableau V (suite)

17.	Le rôle tradition- nel du bois est de cuire, chauffer la maison et sécher certains produits. L'Energie utilisée aux deux derniers fonctions n'est pas vendue	Technologie exis- tante depuis 1940	Problème du compromis entre agricul- ture + vivres et production d'énergie
-----	--	--	---

Tableau V (suite)

Carbonisation du bois	Briquettage du bois ou autre
1. Connu	Connu
2. Oui	Oui
3. Oui	Oui
4. Oui	Oui
5. Bonne	Bonne
6. Elevé pour individu	Elevé pour Individu
7. Abordable	Abordable
8. Moyen	Excellent
9. Variable	Variable
10. Produit	Pas nécessaire
11. Oui	Oui
12. Bonne	Bonne
13. Un pas est franchi et il faut traiter les sous-produits	Non
14. Fournir l'énergie aux ménages urbains	Fournir l'énergie au ménages
15. Oui pour baisser le prix	Peu
16. Oui	Non
17. Faut faire étude économique	Problème de la pollution lors de la combustion directe

Références (liste non exclusive)

1. Overview, processes - technology and economics of biomass conversion to fuels
H. Mattar
11nd Symposium on non-conventional Sources of Energy - ICTP, Trieste 14 July - 6 August 1981
2. Conversion photovoltaïque
Cellules photovoltaïques à haut rendement fonctionnant sous concentration solaire.
Michel Averous
11^{ème} Séminaire Energie Solaire, ICTP Septembre 1980
3. Hydrogen Energy System and unusual application of Hydrogen
T. Nejat Nezireoglu
1st Symposium on Non-Conventional Sources of Energy ICTP Trieste 27 August - 21 September 1979.
4. Recent review of thermo chemical hydrogen production
G.E. Reghi
11nd Symposium on non-conventional sources of Energy ICTP Trieste 14 July - 6 August 1981
5. CdS - CuO₂ Thin Layers for photo-cells
M. Savelli
11nd Symposium on non-conventional sources of Energy ICTP Trieste 14 July - 6 August 1981
6. The Status of photovoltaic R & D at SERI
S. DEBB
11nd Symposium on non-conventional sources of Energy ICTP Trieste 14 July - 6 August 1981
7. Solar energy thermal conversion
Contribution of Prof. Aranovitch
Symposium solar energy thermal conversion engineering ICHMT, Dubrovnik 30 August - 3rd September 1983
8. Principles and Technology assessment of Photovoltaic Conversion
C.E. Rackus
11nd Symposium on non-conventional Sources of Energy ICTP, Trieste 14 July - 6 September

9. Materials Science aspects of Photothermal Solar Energy Conversion
Bernard O. Seraphin
11th Symposium on non-conventional sources of energy
ICTP, Trieste 14 July - 6 August 1981
10. The formation of P/N junction of Silicon Solar Cells by Conventional predeposition processes
D. Nobile
11th Symposium on non-conventional sources of energy
ICTP Trieste 14 July - 6 August 1981
11. Ion Implantation and pulsing anneal
E. Rimini
11th Symposium on non-conventional sources of energy
ICTP Trieste 14 July - 6 August 1981
12. Principles and semiconductor electrodes for photo-electrochemical conversion processes
H. Gerischer
11th Symposium on non-conventional sources of energy
ICTP - Trieste 14 July - 6 August 1981
13. Energies nouvelles et développement
Collection "Technologies et Développement"
Ministère Français de la Coopération 1978.

219

QUELQUES RESULTATS DE RECHERCHE SUR LES CUISINIÈRES
AMÉLIORÉES MISES AU POINT PAR LE CENTRE D'ÉTUDES ET
D'APPLICATIONS DE L'ÉNERGIE AU RWANDA (C.E.A.E.R.)

Par NZABONIMANA Camille
Assistant de Recherche au CEAER
U.N.R. - BUTARE
B.P. 117, BUTARE - RWANDA

Ruth DEER
Consultante de VITA

Résumé:

L'importance et l'urgence de la mise au point et la vulgarisation des cuisinières à bois et à charbon améliorées dans notre pays s'imposent, comme étant certaines des solutions envisageables pour freiner le déboisement inquiétant actuellement ressenti, aggravé par une grande montée démographique.

Des investigations sur les cuisinières au Rwanda ont été menées entre autre par l'AIDR et le Centre de formation en nutrition de Ruhengeri (Technologies appropriées).

Au cours de ces derniers temps, le CEAER a mis sur pied une dizaine de prototypes de cuisinières et en a déterminé les performances. Deux de ces prototypes, de modèles stationnaires, utilisant le bois comme combustible ont été sélectionnés et soumis à des conditions réelles d'utilisation dans des familles.

Bien que les données de nos expériences ne soient pas assez représentatives pour permettre une nette conclusion statistique, l'impression des familles ayant bénéficié de ce nouveau type de foyer reste fort encourageante.

Ce travail reporte les différentes étapes dans la conception, la construction, l'installation et l'évaluation des cuisinières mises au point.

Le premier souci fut celui du choix de matériaux de construction thermiquement et mécaniquement résistant et durable, et facilement accessible: l'argile et le sable se sont révélés bien appropriés.

Une cuisinière améliorée présente un rendement thermique meilleur que celui du feu ouvert sur les trois pierres (amashyiga), grâce à certaines caractéristiques particulières dont principalement la boîte à feu, les déflecteurs (tertres) sous les marmites à chauffer.

L'adaptation d'une cheminée pour l'évacuation des fumées, permet d'améliorer le confort de travail dans une cuisine; ce qui préserve la santé des utilisateurs aux maux causés par les produits gazeux de la combustion.

Cependant, à elle seule, la conception d'une cuisinière n'est pas l'unique facteur déterminatif pour s'assurer d'un bon rendement. Bien d'autres facteurs entrent en jeu: le type de bois utilisé comme combustible, son humidité et ses dimensions, les conditions climatiques dans lesquelles fonctionnent la cuisinière, le doigté de l'utilisateur.

Tous ces paramètres difficilement maîtrisables à la fois, compliquent tout travail de tests, d'où la nécessité de recourir à plusieurs expériences pour avoir une bonne estimation des résultats.

Les performances des cuisinières ont été déterminées au laboratoire et sur le terrain. Trois méthodes de tests ont été utilisées :

- Le rendement d'une cuisinière est déterminé en considérant l'énergie disponible dans le combustible et l'énergie utilisée pour le chauffage jusqu'à l'ébullition et pour l'évaporation de l'eau (test d'ébullition)
- la simulation de la pratique locale de cuisson permet de comparer la quantité de bois utilisé par une cuisinière améliorée d'une part et les trois pierres (amashyiga) d'autre part pour cuire une même quantité d'aliments.
- la détermination de la consommation journalière de bois pendant une semaine dans quelques familles avant et après avoir bénéficié d'une cuisinière améliorée permet de comparer le résultat de laboratoire et celui obtenu dans le milieu réel d'utilisation et de plus donne l'idée de l'économie de combustible réalisée par la cuisinière améliorée au niveau familial.

L'introduction de cuisinière améliorée dans les familles s'accompagne de bien de problèmes spécifiques dont notamment l'adaptation des dimensions de cuisinières aux grandeurs des marmites et l'adaptation de la cheminée au plan de la pièce servant de cuisine.

Afin de garantir le suivi dans le travail de construction, d'utilisation et d'entretien de cuisinières améliorées, des stages de formation de maçons-constructeurs de ce type de foyers ont été organisés.

Introduction.

1. Les faits.

Le problème du bois et de ses dérivés comme ressenti dans notre pays prend des dimensions inquiétantes. Le fait est que la plus large part de la consommation du bois est destinée à la cuisson domestique (plus de 96% de la consommation d'énergie primaire).

Cette dernière s'effectue chez la plus grande majorité de la population (98%) de façon traditionnelle à l'aide du bois et du charbon de bois.

Le souci d'introduire les cuisinières améliorées chez les populations rwandaises est plus qu'une urgence; cela dans le but de protéger le bois et l'environnement ainsi que l'amélioration du confort de travail dans la cuisine de nos familles.

Dans les régions rurales du pays, habitées par environ 95% de la population, les besoins en bois de chauffage sont couverts à large échelle dans le cadre de l'économie de subsistance soit par des surfaces boisées propres, soit par le ramassage des grandes et petites branches. Pour les ménages ruraux les difficultés de l'approvisionnement en bois ne sont pas seulement dues au prix du bois, mais aussi au fait que le peuplement forestier dans les environs immédiats de l'habitat disparaît de plus en plus. Il en résulte des chemins toujours plus longs pour se procurer du bois de chauffage. Ceci exige des dépenses de temps et de travail toujours croissantes de la part des femmes et des enfants. Dans certains cas même, des familles réduisent le nombre de repas chauds à cause du manque de bois de chauffage. Ne pouvant plus trouver facilement du bois de chauffage, les familles rurales recourent de plus en plus aux déchets agricoles qui pourraient servir si adéquatement traités d'engrais organiques.

Dans 80-93% des ménages urbains par contre, le bois n'est pas directement utilisé dans les cuisinières. Il est utilisé sous forme de charbon de bois; traditionnellement celui-ci n'était utilisé que dans le domaine artisanale et dans le cadre, surtout de la forge .

L'utilisation du charbon de bois s'est répandue d'une façon spectaculaire ces derniers temps à cause d'une urbanisation peu contrôlée. Par rapport au bois qui revient moins cher, on préfère le charbon de bois puisqu'il est plus hygiénique (pas de fumée) facilement maniable et transportable.

2. Des solutions possibles.

Des calculs estimatifs arrivent à une consommation par habitant et par jour de 1,7 kg de bois et 0,7 kg de résidus, soit 2,4 kg de combustible. Cette énorme consommation d'énergie primaire

est due à l'utilisation du foyer traditionnel (amashyiga) avec un très faible rendement, ne dépassant pas 10% et la désavantageuse transformation de bois en charbon par des méthodes traditionnelles qui occasionne une perte de 2/3 de la valeur calorifique de la quantité initiale de bois.

L'état de la production et de la consommation de bois mène à une situation fortement déficitaire de l'ordre de $2,8 \times 10^6$ m³/an. Fait qui entraîne des conséquences écologiques et environnementales graves. Théoriquement on conçoit que si les structures de la production et de la consommation restent inchangées et tenant compte du facteur de l'explosion démographique, la production de bois sera nulle d'ici quelques années.

Parmi les solutions envisageables, on peut noter la mise en place d'équipement de substitution valorisant certaines formes d'énergie nouvelles et renouvelables (digesteur à biogaz, four à carbonisation du bois en charbon, appareils exploitant l'énergie solaire...), l'introduction rapide des cuisinières à bois et à charbon avec un meilleur rendement de transformation.

Le remplacement du bois et de ses dérivés par d'autres combustibles équivalents (la valorisation des déchets et des rebuts des matières ligneuses, renouvelables par ex.: les papyrus)

3. Des nouveaux types de cuisinières.

Lors de ces dernières années des initiatives de mise au point de cuisinières améliorées ont été prises par l'Association Internationale de Développement Rural (AIDR), par le Centre de Formation en Nutrition de Ruhengeri (Technologie appropriée) et par de projets parsemés ici et là dans le pays pour protéger la forêt et le couvert végétal en destruction. Le projet céramique de Nyange fait construire de modèles de brasero et de fourneaux en terre cuite et certains modèles sont utilisés dans des familles.

Modèle CEAER de cuisinières.

Dans l'exécution du projet "Energies Renouvelables et Traditionnelles Améliorées", le CEAER a mis au point une série de cuisinières améliorées.

Des modèles stationnaires à un trou avec ou sans cheminée, à deux trous avec ou sans cheminée et à trois trous avec cheminée ont été construits.

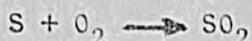
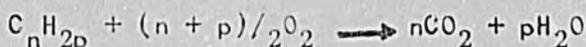
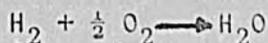
Deux modèles de cuisinières à deux trous avec cheminée et à deux trous sans cheminée servent déjà dans plus de soixante familles. Des modèles transportables de prototypes de braseros et de fourneaux en terre cuite sont actuellement en test.

I. Quelques notions qui guident la recherche.

A. La Combustion.

Une combustion est un ensemble de phénomènes physico-chimiques globalement exothermiques, comprenant principalement une série de réactions d'oxydation de corps combustibles par un corps comburant.

Dans le cas des foyers domestiques, les corps combustibles soumis à l'oxydation qui font partie intégrante des combustibles solides, liquides ou gazeux utilisés, sont notamment le carbone, l'hydrogène, les hydrocarbures et accessoirement le soufre; le comburant est l'oxygène de l'air. Les formules bien connues correspondantes sont les suivantes :



Le phénomène de la combustion du bois.

La composition chimique du bois de chauffage peut ainsi se répartir :

- 50% de carbone
- 43% d'oxygène
- 6% d'hydrogène
- 1% de cendre

La combustion a lieu quand l'échauffement du bois permet le dégagement des gaz combustibles (carbone et hydrogène) et de leurs dérivés (hydrocarbures) qui se combinent à l'oxygène de l'air.

Chaque gaz requiert une certaine quantité d'air et doit atteindre une certaine température avant de s'enflammer. Plus il y a de l'air, plus les gaz transporteront la chaleur. Cependant le bois ne s'allumera pas si la proportion de l'excès d'air dépasse une certaine limite. Dans ce cas, il y a très peu de réactions chimiques pour produire la chaleur nécessaire pour compenser la perte de chaleur du lieu de la réaction. Ceci arrive aussi lorsqu'il n'y a pas assez d'air. Ainsi le processus complexe de combinaison d'oxygène et des gaz combustibles s'accompagne d'une génération intense de chaleur. Une flamme est produite quand le bois atteint une température de 225°C.

Différents stades de la combustion du bois
(voir tableau I).

Pour une bonne compréhension du phénomène de combustion du bois on peut distinguer trois stades différents:

Premier stade:

L'humidité commence à se dégager et la température monte jusqu'à environ 100°C.

Plus grand est le contenu en humidité, plus ce premier stade dure avec, conséquemment des pertes continues d'énergie.

Deuxième stade:

Au fur et à mesure que la température s'élève, le second stade commence avec la décomposition du bois.

A une température d'environ 150°C, le dégagement du gaz commence et une substance semi-liquide apparaît.

Ce stade peut-être accéléré en maintenant des flammes stables lors du dégagement des gaz.

Troisième stade:

Appelé celui de la combustion complète, il commence vers 225°C et atteint le peak à environ 300°C.

Au dessus de cette température, le bois est graduellement transformé en charbon embrasé.

N.B.: Le charbon de bois qui est fabriqué commercialement par un chauffage ralenti à l'absence de l'air par lequel des gou-drons inflammables et des gaz produits s'échappent sans brûler, est composé principalement de carbone ainsi qu'une petite partie d'hydrogène. Le charbon de bois à 45% plus d'énergie que le bois par unité de poids.

D'autres combustibles comme les résidus des produits agricoles ont une composition chimique similaire à celle du bois. Seulement étant donné leur densité très bas (quantité de matière par unité de poids). Leur utilisation exige une grande fréquence d'intervention pour entretenir le feu.

B. Le pouvoir calorifique.

Le pouvoir calorifique d'un combustible est habituellement défini comme étant la quantité de chaleur extraite d'un kilogramme de matière de ce combustible.

Il s'exprime en Kcal ou Kj. 1 Kcal = 4,1868 Kj.

Pour une variété de bois donné, la chaleur spécifique dépend de sa densité et de son contenu en humidité.

Ainsi une grande humidité dans le bois de chauffage ralentit le processus de combustion, diminue la t° atteinte dans le foyer de combustion et alors rend difficile la combustion complète des particules volatilisées.

L'exemple suivant montre la valeur du pouvoir calorifique du bois de chauffage en fonction de son humidité.

- Le bois nouvellement coupé ... 1950 Kcal.
- Le bois séché à l'air libre... 3700 Kcal.
- Le bois séché dans une étuve... 4500 Kcal.

C. La Propagation de la chaleur.

Il existe trois modes de propagation de la chaleur:

• La conduction.

La conduction de la chaleur s'effectue par transmission de proche en proche dans la matière, sans transport de matière. Certains matériaux ne transmettent pas très bien la chaleur. On les appelle des isolants thermiques. Le bois, l'air, les briques d'argile très poreuses sont relativement de pauvres conducteurs de chaleur.

• La convection.

Une autre façon de transférer de la chaleur dans un milieu entre deux points de différentes températures s'effectue par le transport de la matière entre ces points. On a, en ce cas, transfert par convection. Ce mode de transfert de chaleur s'applique aux fluides. Les mouvements naturels de matière dans les fluides réchauffés sont causés par des variations de densité qui résultent des variations de température.

• Le rayonnement.

Le transport de chaleur par rayonnement s'effectue aux moyens des ondes électromagnétiques émises par la source en direction d'un corps.

Tout corps, indépendamment de sa température irradie de l'énergie sous forme de radiation. Plus la température est élevée, plus l'énergie irradiée est grande. Tout corps reçoit aussi de la radiation des autres corps qui l'entourent. L'échange d'énergie est continu. Lorsque le corps atteint sa température d'équilibre, cela ne signifie pas que les échanges d'énergie s'arrêtent, mais plutôt que le taux d'émission est égal au taux d'absorption.

II. L'utilisation de la chaleur du combustible par les cuisinières.

1. Les trois pierres (AMASHYIGA).

Le fourneau à bois le plus simple et le plus répandu consiste simplement en trois pierres posées à même le sol sous forme de triangle.

La quantité de chaleur fournie par le bois en combustion peut être augmentée en poussant le bois vers le centre du feu entre les pierres, ou bien on peut la diminuer en retirant le bois légèrement ou tout à fait du centre.

Les fourneaux à trois pierres présentent un certain nombre d'inconvénients. La marmite perd beaucoup de chaleur par convection surtout si elle est exposée à une brise. Les gaz chauds produits dans le feu se propagent rapidement loin de la marmite; donc seule une petite quantité de leur énergie est transmise à la marmite. Certains calculs estiment que le rendement de l'énergie thermique de transformation sur les trois pierres est de 5-8%. Cependant des conditions plus favorables et l'utilisation d'un bois bien sec permettent d'obtenir un rendement de 10 à 20%.

La cuisson sur le feu ouvert ne porte pas satisfaction pour des raisons suivantes:

- le feu ouvert: . gaspille beaucoup de combustible
 - . il est difficile de régler sa chaleur
 - . la fumée qui vient du feu cause des problèmes d'yeux et de respiration, et peut couvrir de suie tous les lieux à proximité du foyer.
- Le feu sur les trois pierres présente des risques de brûlures et de renversement de marmites.

2. Les cuisinières améliorées.

Un foyer amélioré présente un bon rendement et offre un confort de travail.

Toute cuisinière améliorée comporte des éléments de base suivants:

a) Une boîte à feu.

Il s'agit d'une chambre dans laquelle la combustion initiale a lieu et dans laquelle le combustible est brûlé. L'entrée de cette chambre doit avoir un passage suffisant pour l'introduction du combustible et l'admission d'assez d'air pour entretenir le feu.

b) Une cheminée.

La cheminée sert à évacuer les vapeurs d'eau et la fumée de la cuisinière et avec un tirage (dû à une différence de pression) permet naturellement l'admission de l'air dans la boîte à feu.

Les dimensions de la cheminée sont variables.

La hauteur optimale varie de $1 \frac{3}{4}$ m à $2 \frac{1}{2}$ m pour un diamètre de 10 à 12 cm.

A chaque type de cuisinière, il est recommandé de déterminer la hauteur expérimentalement; cependant une approche de calcul permet de déterminer théoriquement le diamètre de la cheminée en faisant intervenir certains paramètres comme les dimensions de la boîte à feu, du canal de conduit des fumées, et de la hauteur de la cheminée.

c) Tertres (ou déflecteurs) et Spirales.

Les tertres sont de petites butes moulées dans le tunnel de la cuisinière sous la deuxième ou troisième casserole. Elles remplissent un double rôle:

- elles empêchent les gaz chauds de s'échapper directement, leur permettant encore de brûler complètement

- elles permettent de diriger les flammes et gaz chauds autour de la marmite.

Une tertre est aussi placée à l'entrée de la cheminée. Elle permet de garder les gaz chauds près de la deuxième ou la troisième marmite en empruntant une trajectoire d'un parcours plus allongé. Expérimentalement, des études ont montré que les tertres peuvent diminuer l'utilisation du bois de 50%.

Les Spirales permettent de créer des tourbillons de gaz chauds et des flammes autour des marmites. (Pour les cuisinières à un trou).

d) Echange de chaleur et trous à marmites.

La transmission de la chaleur aux aliments en préparation se fait par l'intermédiaire d'une marmite. Dans nos milieux, deux types de marmite sont d'usage courant, les casseroles cylindriques à fond plat et des pots en terre cuite à fond arrondi.

Pour profiter plus efficacement de l'énergie de la combustion, des trous à marmites sont pratiqués dans la cuisinière.

La plus grande partie de la face latérale des marmites baigne dans le feu. Cette possibilité permet de minimiser notamment l'effet des courants convectifs de l'air extérieur qui tendent à rafraîchir les parois des marmites.

Il est à noter de plus que grâce à cette configuration les pertes de chaleur par rayonnement des faces latérales des marmites sont très réduites.

III. Les cuisinières améliorées mises au point par le CEAER.

Buts essentiels visés dans la conception et la construc- tion des cuisinières améliorées.

1. Un bon rendement thermique et partant une réduction sensible de la consommation de bois.
2. Un coût peu élevé grâce à l'utilisation des matériaux disponibles sur place, garantissant une bonne résistance à la chaleur et aux chocs mécaniques.
3. Des techniques de construction maîtrisables par les populations elles-mêmes, l'utilisation d'un outillage très simple et facilement accessible.
4. Les facilités d'utilisation, d'entretien et de réparation.

Quelques aspects techniques.

A. Choix de matériaux.

On peut construire un foyer en terre sans outils spécialisés (la terre abonde partout et n'est pas chère). Les murettes épaisses des foyers en terre servent à absorber et retenir la chaleur du feu, minimisant ainsi les pertes thermiques dans l'atmosphère. Avec un usage et entretien soigneux, le foyer durera de longues années.

Les limitations à considérer à l'égard de la construction en terre des foyers améliorés.

- La terre doit contenir une argile convenable et en quantité suffisante.
- Le foyer doit être construit de façon à éviter les fissures de rétrécissement.
- La terre doit être compactée.
- Le foyer doit être protégé de la pluie.

Qu'est-ce que l'argile?

L'argile est un matériau caractérisé par des particules si petites qu'on ne peut ni les voir ni les sentir au toucher. A l'état sec, les particules s'amassent pour former des mottes assez dures, mais elles peuvent se séparer à l'état mouillé. On peut bien manier l'argile mouillée qui est d'habitude assez molle.

Besoins d'argile pour construire des foyers en terre.

C'est l'argile qui prête à la terre la résistance et la consistance nécessaires pour façonner un foyer. Sans l'argile, le foyer s'effriterait tout de suite. Il existe beaucoup d'argile différentes. Des essais préalables sont nécessaires sur chaque argile qu'on pense utiliser pour la construction d'un foyer.

Source de fissures d'une terre argileuse en séchant.

L'argile sèche peut absorber une grande quantité d'eau, sous l'action de laquelle elle se dilate, elle se dessèche et revient au volume original. Souvent, ce rétrécissement fait apparaître des fissures assez importantes. Dans un foyer en terre, la tendance à se fissurer dépend des facteurs suivants :

1. La proportion d'argile dans le mélange
2. La quantité d'eau dans le mélange
3. La vitesse à laquelle on le laisse sécher.

Comment éviter la formation de fissures de rétrécissement dans un foyer en terre.

Il existe plusieurs techniques:

- a) Ajouter du sable à l'argile (un tamisage préalable du sable est nécessaire pour enlever les pierres, les feuilles ou les autres débris).
Ainsi une grande proportion de sable qui ne rétrécit pas empêchera au foyer de se fissurer. L'argile ne sert que de liant pour tenir ensemble les grains de sable. En plus, du fait qu'un mélange de sable et d'argile ne rétrécira pas, on peut facilement former et façonner le mélange avant qu'il ne soit complètement sec.
- b) Faire sécher le foyer lentement à l'ombre.
- c) Ajouter des petits brins de paille et d'herbe (effet de capillarité) au mélange argileux, ce qui l'aidera à sécher plus uniformément.

B. Mélange des matériaux et leurs proportions.

N.B.: Dans notre travail de choix de matériaux, nous utilisons le mot "argile" pour signifier la terre très argileuse, creusée dans la vallée.

Il y a plusieurs méthodes différentes, mais pour assurer une résistance suffisante et une bonne durabilité, il faut toujours procéder de façon que le sable et l'argile soient mélangés complètement, et que le mélange soit bien uniforme.

Voilà 4 méthodes possibles:

1. Piler et tamiser l'argile, tamiser le sable. Les mélanger complètement à l'état sec, dans les proportions désirées. Continuer à mélanger en ajoutant de l'eau. Ajouter assez pour que la surface du mélange brille d'humidité quand on la frappe plusieurs fois avec la paume de la main. Dans nos installations, les proportions choisies étaient :
1 sable + $1\frac{1}{2}$ argile
1 sable + 1 argile (se travaillent mieux). Le travail de piler et tamiser l'argile s'est avéré long et pénible.
2. Faire tremper l'argile dans de l'eau pendant un ou deux jours pour bien la désagréger. La remuer souvent. Ajouter de l'eau au besoin. Ensuite mélanger le sable avec cette eau argileuse. On ne se sert du mélange pour la construction du foyer que quand il est bien uniforme.
Des proportions égales de sable et deseau (10 litres) d'argile ont été utilisées. La difficulté de déterminer la quantité d'argile en tant que telle utilisée n'a pas favorisé l'acceptabilité de cette méthode.
Et d'ailleurs que les cuisinières construites avec ce mélange s'effritent facilement.
3. L'argile piétinée, mélangé à du sable donne également un bon mélange et c'est une technique connue dans le pays. Cette méthode a été retenue comme devant être apprise aux maçons-construc-teurs des cuisinières améliorées, entraînés par le CEAER.
4. Un essai de pot-au-pot mélangé à du sable fin donne un bon résultat. Seulement une extension de cette méthode n'a pas encore d'ampleur. Cependant, la disponibilité et l'accès facile du pot-au-pot par rapport à l'argile (de la vallée) le rend plus compétitif.

Construction et dimensions des cuisinières.

a) Outils nécessaires:

- marmites les plus souvent utilisées
- un couteau
- une cuiller
- un morceau de bois pour damer le mélange d'argile et sable.

b) Préparation du socle:

Le socle sert à surélever la cuisinière, pour permettre à l'utilisateur de ne pas trop s'incliner pour surveiller

le feu et de protéger la cuisinière de l'eau stagnante qui pourrait désagréger sa partie inférieure.
Le socle se fait avec des briques cuites ou des briques adobes; cependant bien d'autres matériaux peuvent être imaginés pour ce but.

Les dimensions du socle sont déterminées par celles des marmites (le diamètre) ajoutée à l'épaisseur de la cuisinière (2 x 10 cm).

c) Leamage.

Leamage du mélange se fait à l'aide de la paume de la main (si le mélange est très mou) ou au moyen d'un morceau de bois. Leamage par petite couche est nécessaire pour éviter des fissures.

d) Le creusage.

Le creusage est le travail de construction de la boîte à feu, le tunnel, les tertres et les trous à marmites (dépendant des grandeurs des marmites à être utilisées). La distance entre les marmites est de 10 à 12 cm ainsi que l'épaisseur des parois latérales. La distance entre le fond de la boîte à feu et le fond de la 1ère marmite est de 12 à 15 cm. La distance entre le sommet des tertres et les 2ème et 3ème casseroles est de 2 à 4 cm.

e) L'enduit.

Un enduit de bouse de vache mélangé à de l'argile est souvent nécessaire pour protéger le foyer, surtout contre l'humidité.

f) L'allumage du 1er feu et les modifications.

L'allumage du premier feu se fait après que la cuisinière est bien sèche (aussi bien l'intérieur que l'extérieur). L'intensité de chaleur des premiers feux doit être progressive pour éviter des chocs thermiques pouvant fissurer la cuisinière si elle n'est pas parfaitement sèche.

Des modifications doivent être apportées si les marmites n'entrent pas bien dans les trous, si le tirage est mauvais, si la seconde casserole ne perçoit pas de chaleur... .

Type de cuisinières mises au point.

1. Cuisinière à bois.

- 2 types de cuisinières à 2 trous sans cheminée (stationnaire)

- Cuisinière à 2 trous avec cheminée (stationnaire)
- Cuisinière à 1 trou avec cheminée "
- Cuisinière à 1 trou sans cheminée "
- Cuisinière à 3 trous avec cheminée "
- Deux cuisinières à une marmite transportable en terre cuite, construites par des potiers traditionnels de Nyange.

2. Cuisinière à charbon

- Cuisinière à un trou (stationnaire)
- 1 braseros en terre cuite construit par le projet céramique de Nyange.

Seulement deux modèles de ces prototypes ont été introduits dans les familles: les cuisinières à deux trous avec ou sans cheminée, de modèle stationnaire.

Tests des cuisinières mises au point

En vue de déterminer les performances des cuisinières mises au point différentes méthodes de tests ont été utilisées. Les résultats sont reproduits ultérieurement sous forme de tableau.

1. Le pourcentage de chaleur utilisée par une cuisinière est déterminé en considérant l'énergie utilisée pour le chauffage jusqu'à l'ébullition et pour l'évaporation de l'eau (test d'ébullition)

La formule appliquée est la suivante:

$$\eta = \frac{m_i \cdot C (t_f - t_i) + m_v \cdot R}{m_{\text{cons}} \cdot B - m_c \cdot D}$$

- η = le pourcentage de chaleur utilisée
 m_i = quantité d'eau initiale
 m_v = quantité d'eau évaporée au cours de l'expérience
 m_{cons} = quantité de bois consommée
 C = chaleur spécifique de l'eau
 t_f = température de l'eau
 t_i = température initiale de l'eau
 R = chaleur de vaporisation de l'eau
 B = pouvoir calorifique du bois utilisé
 m_c = quantité de charbon qui reste de la combustion
 D = pouvoir calorifique du charbon

11. Des tests comparatifs de cuisson sur les trois pierres (amashyiga) et sur la cuisinière améliorée permettent d'évaluer l'efficacité de la cuisinière améliorée par rapport au feu ouvert.

Pour rendre les conditions de travail similaires, les cuissons se font simultanément, un même type de combustible

(bois ...) est utilisé, des mêmes quantités d'aliments sont préparées et des mêmes types d'ustensils sont utilisés.

III. La détermination de la consommation journalière de bois pendant une semaine dans quelques familles avant et après avoir bénéficié d'une cuisinière améliorée permet de comparer les résultats et de connaître l'économie de combustible réalisée par la cuisinière améliorée au niveau familial.

Il est à souligner que les pesées de bois à être utilisé par la famille se sont faites dans cinq familles ayant bénéficié les premières de cuisinières améliorées.

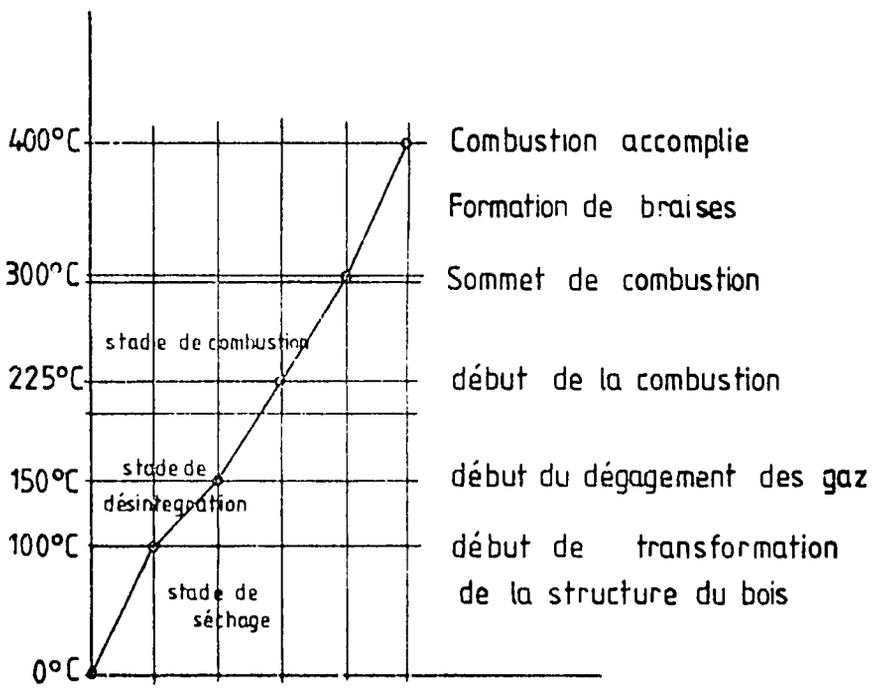
Le résultat obtenu ne nous a pas beaucoup renseigné sur l'économie de combustible. Cependant, ce travail nous a fourni de riches renseignements sur la façon de mener des tests sur le terrain et de se rendre compte de quelques différentes sources d'erreurs possibles.

IV. La formation des maçons-constructeurs de cuisinières améliorées.

Un programme de formation de maçons-constructeurs de cuisinières améliorées a été conçu et exécuté par le CEAER. Avec l'aide des autorités communales, des candidats ont été désignés. (Cinq communes dans les préfectures de Butare et Gikongoro: Ngoma, Huye, Kinyamakara, Muyaga, Rwamiko)

Le stage de formation durait un mois. Quant à son importance, cette formation consistait à pourvoir au CEAER un cadre plus large d'expérimentation (installation et évaluation) sur le terrain et à fournir aux communes des ouvriers pouvant contribuer directement au progrès communal. Un suivi plus soutenu doit être conçu pour exploiter à l'échelle communale cette potentialité.

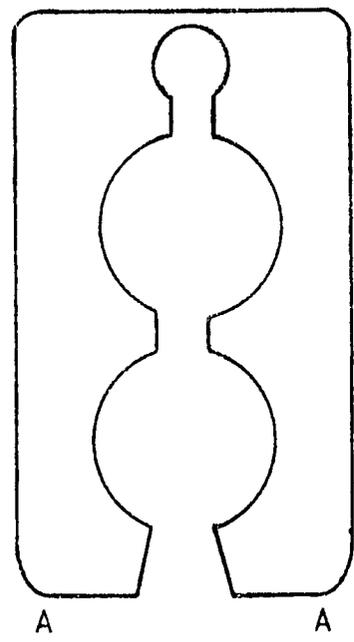
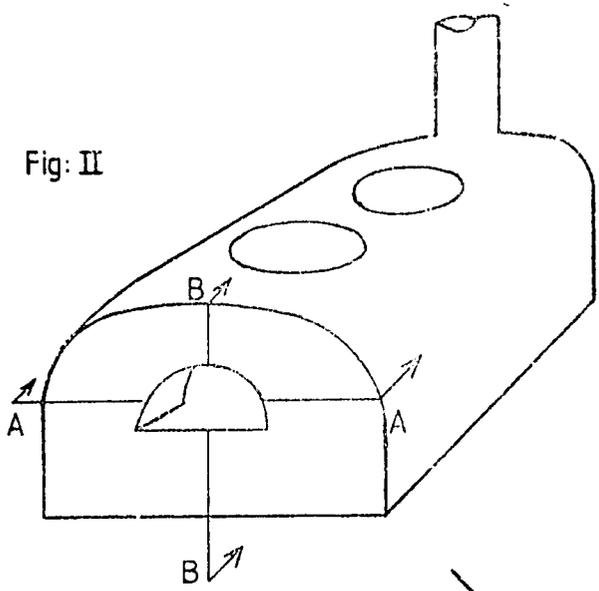
Fig: I



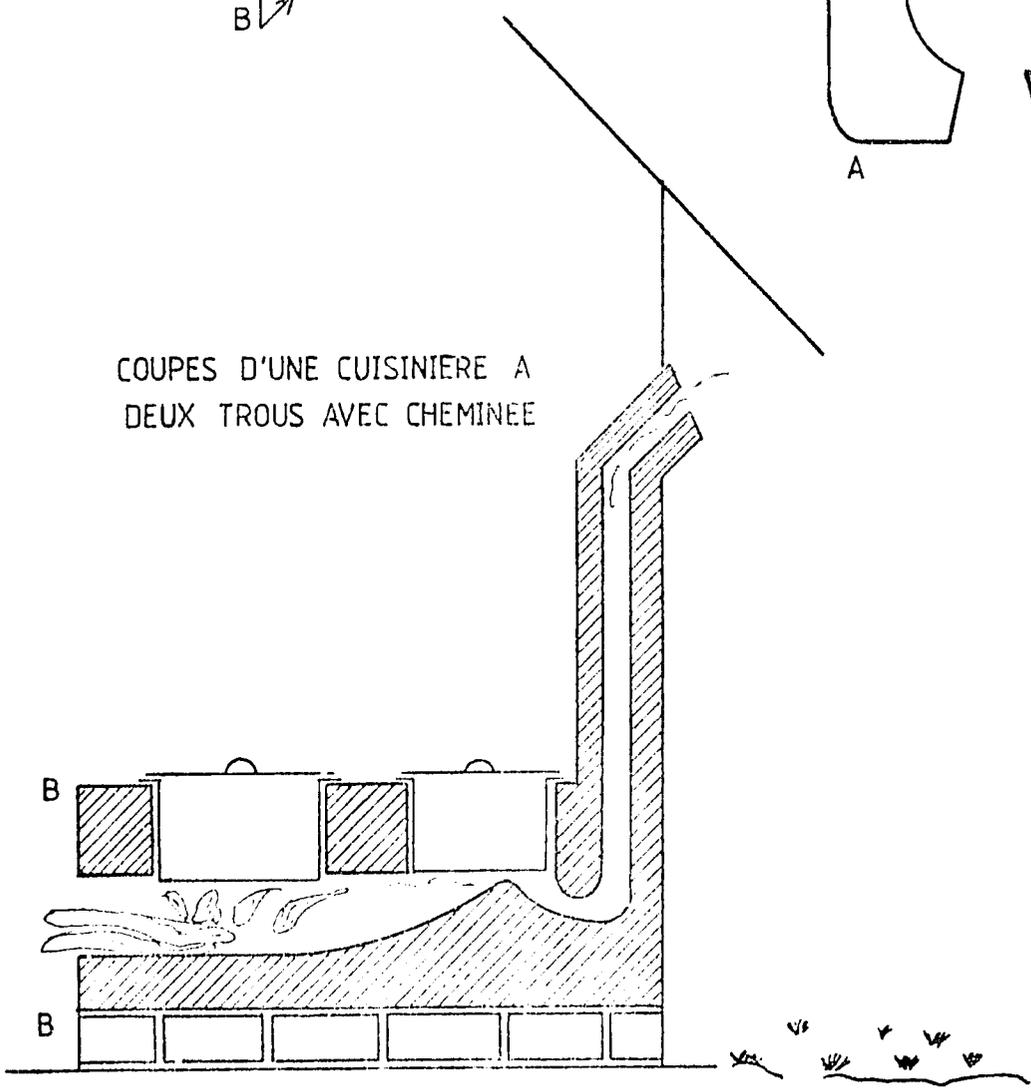
LES DIFFÉRENTS STADES DE LA COMBUSTION
DU BOIS

270

Fig: II



COUPES D'UNE CUISINIÈRE A DEUX TROUS AVEC CHEMINÉE



Consommation journalière de bois (Méthode III) aux alentours de Butare

N° de la famille et lieu	Occupations	Nombre de mangeurs	(juillet 1982) consommation avec feu ouvert (kg/personne-jour)	Type de cuisinière	(septembre 1982) consommation avec cuisinière (kg/personne-jour)
Butare-ville ¹	chercheur infirmière		-	deux trous sans cheminée	-
Rango ²	vétérinaire chef de cellule	de 4 à 6	0,71 ± 0,05 (deux mesures) sans haricots 1,49 ± 0,03 (deux mesures) avec haricots	deux trous avec cheminée (entrée du bois perpendiculaire aux trous à marmite)	0,75 ± 0,08 (3 mesures) sans haricots 1,83 ± 0,03 (3 mesures) avec haricots
Cyarwa ³	cultivateurs	de 6 à 12	0,75 ± 0,19 (2 mesures) sans haricots 0,99 ± 0,17 (4 mesures) avec haricots	deux trous sans cheminée	0,86 ± 0,02 (5 mesures) sans haricots 1,30 ± 0,03 (3 mesures) avec haricots
Mbazi ⁴	Chauffeur	de 9 à 11	1,74 ± 0,31 (3 mesures) sans haricots 2,52 ± 0,34 (3 mesures) avec haricots	deux trous avec cheminée	1,32 ± 0,23 (5 mesures) sans haricots 1,30 ± 0,19 (3 mesures) avec haricots

Notes sur tests comparatifs au laboratoire

Remarques générales

Puisque le PCU est exprimé avec $\pm 1\%$, il ne faut pas attacher trop d'importance à la différence entre 15% et 16%, ou entre 16% et 14%, par exemple (voir le modèle un-trou-sans-cheminée, 2ème modèle).

Il y a beaucoup de variations entre les expériences faites sur une même cuisinière. Cela s'explique en partie avec l'inconstance du vent d'un jour à l'autre, les variations de type de bois (mais c'était surtout de l'eucalyptus), les variations dans l'humidité du bois. Nous avons même modifié notre façon de faire l'essai : au début, on gardait les couvercles, déplacés à moitié sur les marmites pendant le mijotage, pour garder la chaleur et maintenir plus facilement la température d'ébullition. Mais après quelques mois, on a suivi les recommandations de la réunion à Marseille en Mai 1982 sur la façon de tester les cuisinières, en enlevant les couvercles tout à fait. Ainsi on a une mesure plus exacte de l'évaporation (avec un couvercle, la vapeur d'eau se condense sous le couvercle et retombe dans l'eau).

En faisant chaque fois un essai parallèle en même temps sur amashyiga et la cuisinière, nous nous assurons que les tests se déroulent dans les mêmes conditions.

Notes :

- A) Cet essai a été fait avec de l'éragrostis (une sorte d'herbe ou de roseau fin). On a pu chauffer l'eau, mais c'était difficile de maintenir le feu parce qu'il fallait toujours souffler dessus et rajouter de l'éragrostis toutes les cinq minutes. Effectivement, une chose qui est sortie des remarques des utilisateurs de nos cuisinières au cours des mois, c'est que ces cuisinières ne fournissent pas assez d'aération pour bien brûler la matière végétale comme les feuilles ou l'éragrostis, ou le bois humide. Quand on n'a pas de bois sec, on ne peut pas bien se servir de la cuisinière.
- B) Ce modèle est conçu au départ avec des supports dans la boîte à feu (Chambre de combustion) pour soutenir la casserole. Dans toutes nos installations, nous avons adopté le système d'enfoncer complètement la casserole, retenue par son rebord, sans ces supports qui diminuent le volume intérieur de la cuisinière et diminuent aussi la surface de contact entre la chaleur et le fond de la casserole. Aussi, dans nos installations nous nous sommes inspirés des expériences dans d'autres pays pour faire une petite dénivellation (environ 10 cm.) entre les deux trous, avec la deuxième casserole plus élevée, pour que le passage entre les deux ait une pente plus prononcée, ce qui devrait aider au tirage. Le premier modèle a donné au laboratoire de très bons résultats.
- C) Cette cuisinière un-trou-sans-cheminée nous a posé énormément d'ennuis, et nous n'avons jamais réussi à la faire bien marcher. Nous pensions nous inspirer des cuisinières Ban ak Suuf au Sénégal, qui semblent bien marcher, mais la plupart de leurs documents ne

montrent pas les dimensions.

La raison pour laquelle on s'intéressait tellement à ce modèle c'est qu'on peut interchanger différentes marmites. Sans cheminée et sans deuxième trou, le premier (seul) trou à marmite n'est pas bouché hermétiquement. Donc on n'est pas contraint à une seule taille de casserole, et dans des lieux publics comme des hôpitaux, où chaque garde-malade a sa propre casserole, ils pourraient tous utiliser la cuisinière. Mais si la dimension de l'espace autour de la casserole est importante, peut-être qu'on ne pourrait pas tellement varier les casseroles de la façon voulue.

- D) Pour cette dernière cuisson sur le fourneau, les expérimentateurs ont ajouté des pommes de terre aux haricots, vers la fin de la cuisson des haricots. Le pot sur les amashyiga a été déclaré "prêt" une demi-heure après celui de la cuisinière, bien que les feux soient allumés en même temps. Est-ce qu'ils ont ajouté les pommes de terre plus tard? Et vu que les pommes de terre se cuisent beaucoup plus rapidement que les haricots, est-ce qu'ils savaient exactement à quel moment il fallait ajouter les pommes de terre pour que les haricots terminent en même temps qu'elles? C'est-à-dire sans les pommes de terre, aurait-on déclaré les haricots prêts au même moment qu'ils l'ont fait? Ceci soulève toute la question du facteur humain dans ces expériences de cuisson.

Il a été suggéré qu'on établisse des critères pour définir quand un aliment est "cuit" - quand le haricot s'écrase facilement entre les doigts par exemple - mais c'est toujours assez subjectif. Une bonne chose à faire serait de donner l'échantillon à la personne qui va le goûter ou le tester d'une façon quelconque pour voir si c'est cuit, sans qu'elle sache de quelle marmite il sort.

	ébul.+24	✓ 8% pire	11% PCU	12% PCU	trous d'aération plus bas trou à marmite élargi et approfondi
	ébul.+60	✓ 11% pire	8% PCU	9% PCU	
un trou sans cheminée (deuxième modèle) Voir note (C)	ébul.+60	✓ 6% pire	15% PCU	16% PCU	trou à marmite élargi et agrandi. trou à marmite élargi et approfondi encore
		✓ 14% d'amélioration	16% PCU	14% PCU	
		✓ 56% pire	4% PCU	9% PCU	
Un trou avec cheminée	ébul.+60	✓ 29% d'amélioration	18% PCU	11% PCU	feu difficile à maintenir cheminée plus haute → meilleur tirage
		✓ 22% d'amélioration	22% PCU	18% PCU	
fourneau en terre cuite	ébul.+60	60% d'amélioration	24% PCU	15% PCU	fallait couper le bois en petits morceaux
		40% d'amélioration	14% PCU	10% PCU	
		75% d'amélioration	14% PCU	8% PCU	
	haricots	16% d'économie	3075 g.	3650 g.	- voir note D
	haricots + pommes de terre	31% d'économie	2750 g.	4000 g.	

Résultats de tests comparatifs (Méthode II) (cuisson d'aliments ou ébullition d'eau) au laboratoire.

Type de cuisinière améliorée aux amashyiga	tests	pot	économies réalisées par rapport aux amashyiga	cuisinière	amashyiga	
deux trous avec cheminée (cheminée verticale)	ébullition mijotage pendant 60	}	avorté	-	-	pas assez de temps pour l'achever le 2e trou ne chauffe pas bien (par après on a agrandi la cheminée et ça marche beaucoup mieux) voir note (A)
			155% d'amélioration 158% d'amélioration	17% PCU 19% PCU	11% PCU 12% PCU	
	(ébul.+60)		148% de plus de combustible (éragrostis)	1475 g.	1000 g.	
deux trous sans cheminée (pas le même modèle que celui installé dans des familles) voir note (B)	haricots	;	avorté	-	-	(haricots brûlés sur la cuisinière) sans compter eau du 2e trou, en ébullition pendant 3 h. eau chaude du 2e trou ajoutée aux haricots de la cuisinière, eau froide pour amashyiga plus d'eau évaporée sur feu ouvert: feu trop grand
	haricots	;	40% d'économie	3490 g.	5850 g.	
	haricots	;	50% d'économie	2500 g.	5050 g.	
	potatoes	;	62% d'économie	500 g.	1300 g.	
un trou sans cheminée (premier modèle) voir note (C)	ébullition	;	138% d'amélioration	133% PCU	24% PCU	le feu était difficile à maintenir (confusion dans un tas de bois, mais la cuisinière a moins) avec trous d'aération, un de chaque côté de l'ouverture pour le bois
	ébul.+60	;	131% d'amélioration	121% PCU	16% PCU	
	haricots	;	avorté	-	-	
	ébul.+60	;	117% pire	110% PCU	12% PCU	
	ébul.+60	;	117% pire	115% PCU	18% PCU	

fourneau en terre cuite	lébul.+60	138 min.	124%	128 min.	115%	} faits avec pot en terre cuite chaque fois } feu demande beaucoup de surveillance
	lébul.+60	144 min.	114%	142 min.	110%	
	lébul.+60	164 min.	114%	137 min.	8%	

Ⓐ. Essais toujours faits avec 3 l d'eau dans chaque marmite. Pour modèles à deux trous, 3 l dans la 2e marmite aussi, et son énergie de chauffage et évaporation comprise dans calcul du PCU. En plus des variations dues au climat et au bois, ce n'est pas toujours la même personne qui surveille le feu dans ces essais.

Voir notes sur tests comparatifs

Résultats de Tests de PCU (Méthode 1) au laboratoire (en plein air)

Type de marmite utilisée: casserole en aluminium.

Type de cuisinière	test (A)	amashyiga		amashyiga		
		Temps pour bouillir	PCU	temps	PCU	
deux trous avec cheminée	ébul.+60	166 min.	17%	162 min.	11%	bcp de problèmes avec le feu cheminée = 5 briques 2e trou n'a jamais bien chauffé cheminée = 7 briques, feu marche bien (couvercles pas assez déplacés pour mesurer l'évaporation PCU bas) 2e trou chauffe mieux
	ébul.+60	140 min.	123%	-	-	
	ébul.+60	136 min.	119%	145 min.	12%	
	ébul.+60	137 min.	114%	-	12%	
deux trous sans cheminée	ébul.+60	29 min.	30%	-	-	
un trou sans cheminée (1er modèle)	ébul.	57 min.	17%	-	-	feu s'éteuffait tout le temps trou à marmite approfondi et élargi
	ébul.	20 min.	33%	24 min.	24%	
	ébul.+60	27 min.	21%	21 min.	16%	le feu ne marche toujours pas bien avec trous d'aération
	ébul.+60	23 min.	21%	-	-	
	ébul.+60	20 min.	12%	27 min.	10%	
	ébul.+60	67 min.	15%	36 min.	18%	
	ébul.+24	145 min.	11%	59 min.	12%	
ébul.+60	24 min.	14%	-	-	trous d'aération plus bas trous d'aération bouchés	
ébul.+60	68 min.	5%	16 min.	9%	trou à marmite encore élargi, approfondi	
un trou sans cheminée (2e modèle)	ébul.+60	21 min.	15%	13 min.	16%	trou à marmite élargi et approfondi ouverture pour le bois agrandi trou à marmite élargi, approfondi encore
	ébul.+60	38 min.	14%	37 min.	16%	
	ébul.+60	48 min.	4%	16 min.	9%	
un trou avec cheminée	ébul.+60	33 min.	18%	30 min.	14%	cheminée: 2 briques cheminée: 3 briques, feu marche mieux
	ébul.+60	27 min.	19%	-	-	
	ébul.+60	41 min.	22%	36 min.	18%	

Ngema 5	chauffeur	de 9 à 14	0,64 ± 0,01 (4 me- sures) sans haricots	deux trous avec chemi- née	0,56 ± 0,02 (6 mesures) sans haricots
			1,25 ± 0,01 (3 me- sures) avec haricots		0,94 ± 0,06 (2 mesures) avec haricots

Observations

Famille I

Le boy qui travaillait pendant la 1ère semaine de pesées a été licencié parce qu'il vendait leur bois - et effectivement nos chiffres étaient bizarres et allaient jusqu'à 3,8 kg/personne-jour.

Le nouveau boy qui travaillait pendant la 2ème semaine de pesées commençait toujours le feu avant notre arrivée, laissait le feu allumé toute la journée et ajoutait du bois non-pesé. Il utilisait aussi le charbon.

Famille II.

Le bois pesé était tout près de l'autre bois, et comme il y a des enfants dans la famille, on ne sait pas si en jouant ils n'auraient pas pu déplacer du bois d'un tas à un autre.

On a dû rejeter les données de quelques jours parce que c'était une autre personne que d'habitude qui a pris les mesures et la notation n'était pas claire.

Famille III.

L'incertitude est plus grande pour la 1ère semaine parce qu'il y avait une incertitude dans le nombre de mangeurs cette semaine-là (différents membres de la famille qui répondaient différemment)

Malgré nos chiffres (très sommaires et incomplets) cette famille est une des plus contentes, et prétend une grande économie de bois.

Famille IV.

Il y avait toujours une incertitude dans le nombre de mangeurs et on a dû souvent faire une estimation du poids du bois dans le feu.

Cette famille faisait la cuisine dehors pendant la 1ère semaine, ce qui entraîne une grande consommation de bois.

C'est souvent laissé aux enfants de surveiller le feu.

Famille V.

La famille soigne très bien la cuisine.

Notes

- 1) Les incertitudes exprimées ici proviennent de la précision des mesures, et ne rejettent pas les variations dues à l'humidité du bois (qui peut représenter facilement 10% du poids mesuré).
- 2) La deuxième semaine de pesées s'est faite au début de la saison pluvieuse, quand le bois est en général assez humide (avec un pouvoir calorifique diminué).
- 3) Le chiffre de consommation par personne n'est peut-être pas très réaliste, puisque d'après la coutume rwandaise on nourrit les amis qui arrivent à l'heure du repas même si on n'avait pas préparé plus que d'habitude. Mais comme on ne peut pas distinguer entre visiteurs imprévus et visiteurs attendus, et que le nombre de mangeurs variait d'un jour à l'autre et d'une famille à l'autre, il fallait quand même essayer de standardiser.
- 4) Puisqu'en général il y a une telle différence dans la consommation du bois entre les jours où on fait cuire des haricots et les jours où on ne les cuit pas, on ne peut pas faire une moyenne générale de consommation de bois sans savoir la fréquence de cuisson de haricots.

Notes sur tableau de consommation journalière de bois

- 1) Les incertitudes exprimées proviennent de la façon dont nous avons mesuré (balance à 25 g de près, estimations à 500 g ou 750 g près, nombre de mangeurs parfois incertain \rightarrow à ± 1 personne) et ne reflètent pas les variations dues à l'humidité (la teneur en eau) du bois.
Par exemple, un jour nous avons pesé un fagot de bois qui nous semblait bien sec à 17,450 kg. Le lendemain, le même fagot, qu'on n'avait pas utilisé pour la cuisine, pesait 16,350 kg. Il avait perdu plus de 6% de son poids en séchant au soleil.

Si on n'avait pas laissé ce fagot tout ensemble de côté, on aurait pensé que 1,100 kg. de plus de bois avait été consommé. (Les familles ont aussi utilisé des types de bois différents - surtout de l'eucalyptus, mais aussi du grévilléa ou autre et des fois des racines, des petites branches ou de l'écorce d'eucalyptus. Mais d'après toutes les expériences contrôlées faites dans d'autres pays, l'humidité du bois est un facteur beaucoup plus important que l'espèce.

- 2) Ce problème de l'humidité du bois, qui mène à des chiffres de consommation trop élevés, est alors plus important dans la deuxième semaine de pesées, quand le bois était plus humide. Cela, ajouté au fait que le bois qui a été réellement brûlé avait un pouvoir calorifique plus bas que le bois de la première semaine, devrait entraîner des chiffres plus élevés de consommation de bois pour la deuxième que pour la première, si le même système de préparation d'aliments était utilisé dans les deux cas. Alors nos nouvelles cuisinières, évaluées pendant une semaine où on s'attendrait à une consommation apparente plus élevée, étaient désavantagées.
- 3) Il serait mieux, bien sûr, d'avoir toujours le même nombre de personnes nourries dans chaque famille - comme il serait mieux (du point de vue de l'expérience scientifique) d'avoir toujours le même type de bois, la même personne qui fait la cuisine pour la famille, la même personne qui répond à nos questions (sur le nombre de mangeurs et les plats préparés)... Or dans les conditions de travail sur le terrain (monde réel), en dehors du laboratoire, il est impossible d'avoir toutes les conditions réunies toujours de la même façon.
- 4) Comme on a dû rejeter les données de quelques jours, le nombre de mesures cité entre parenthèses pour les moyennes de consommation ne représente pas toujours le nombre total de jours de cuisson de haricots par rapport aux jours sans cuisson de haricots. Si l'on tient compte de ce qui a été cuit chaque jour, même les jours où nous n'avons pas calculé la consommation de bois,

Famille		jours avec cuisson de haricots	jours sans cuisson de haricots	total
(2)	juillet	2	4	6
	septembre	3	5	8
(3)	juillet	4	3	7
	septembre	3	5	8
(4)	juillet	3	4	7
	septembre	3	5	8
(5)	juillet	3	4	7
	septembre	2	6	8
		23	36	59

On arrive à une moyenne de 39% - c'est-à-dire que les jours où on fait cuire des haricots représentent 39% de tous les jours. Mais c'est seulement pour notre petit échantillon de 14 ou 15 jours par famille, et la fréquence pourrait varier considérablement d'une famille à une autre de toute façon.

Conclusions.

Le pas engagé par le CEAER dans la mise au point et le test des cuisinières améliorées et leur utilisation par la population rwandaise doit être continué et encouragé. L'emploi des matériaux les moins chers et les plus facilement accessibles par les populations est un des premiers critères de choix.

Les premiers résultats sur l'économie de combustibles réalisée par les cuisinières introduits dans les familles paraissent contredire les résultats de laboratoire. Ceci est dû à plusieurs facteurs et des conditions non maîtrisables que rencontre l'expérimentateur: en dehors des erreurs inévitables de mesure, il y a eu bien d'autres principales sources d'erreurs dont par exemple pour rechauffer la nourriture, le boy a jugé qu'il fallait mieux utiliser les amashyiga au lieu de la cuisinière améliorée car la préparation ne prenait que peu de temps - pour préparer la nourriture du chien, le boy pensait que l'utilisation du fagot de bois pesé allait fausser les résultats ... Les problèmes de ce genre ne nous ont pas permis de reproduire des résultats très fiables. D'autre part un temps fort limité ne nous a pas permis de définir un échantillon valable et travailler au sein de celui-ci.

Nous avons été conscientisé, cependant, de combien un travail sur le terrain reste fort délicat.

L'introduction des cuisinières en argile et sable avec cheminée présente au niveau des habitudes quelques difficultés. A part la préparation des repas, le feu ouvert sur amashyiga est également source de lumière et de chaleur dans plusieurs ménages rwandais et bien de gens ne peuvent se priver de la fumée pour son effet antiseptique (tue les moustiques, protège certains denrées ...)

Il faut reconnaître aux nouveaux modèles de cuisinières les aspects défavorables suivants:

* Le nouveau modèle de cuisinière stationnaire ne pourrait pas être transportable d'un lieu à l'autre au cas par exemple d'un déménagement.

* Les trous à marmites de nos cuisinières ne s'adaptent pas aux marmites de n'importe quelle grandeur; même l'utilisation d'anneau reste également limitative. Au cas où une marmite en terre cuite habituellement utilisée sur la cuisinière est cassée, il faut absolument trouver une autre similaire.

* L'adaptation des cheminées de la cuisinière à certains types de maisons reste encore un grand problème. Malgré tous ces problèmes qui sévissent encore dans le travail sur le terrain, nous avons quand même enregistré de très bonnes impressions

de la part des premières bénéficiaires de nos cuisinières et ce fait reste fort encourageant pour nos efforts futurs.

Bibliographie.

- (1) Etude du Secteur Energétique au Rwanda
(Plan Directeur d'Electrification)
Rapport FUNEP/E P P L
Juin 1982
- (2) Fourneaux à bois économiques pour faire la cuisine
(Manuel de construction)
Publication VITA/IDG
- (3) Report on the working group meeting on a woodstove field
test standard
Marseille 12, 13, 14 May 1982
- (4) Woodstove testing methods and Some preliminary experimental
results
Dr. J.W. Shelton
T. Black
M. Chaffee
M. Schwartz
ASHARE Transactions Vol. 48, Part 1 (1978)
- (5) Technique de l'Ingénieur A 500, C3
- (6) Manuel d'essais sur les foyers à bois
Par John M. Downey.
Publication VITA
- (7) Les Cuisinières "Ban Ak SUUP"
Centre d'Etudes et de Recherches sur les Energies
Renouvelables - UNIVERSITE DE DAKAR
République du Sénégal
- (8) Essais des matériaux
Documents du Dr Timothy Wood
SESSION REGIONALE Foyers Améliorés
CISS/USAID, Ouagadougou 5-12 Mai 1982
- (9) Etude de la faisabilité des appareils utilisant les énergies
renouvelables et traditionnelles améliorées en milieu rwandais
(CRES)
Pancrace TWAGIRAMUTARA et Théodore MPATSWENUMUGABO.

- (10) Programme d'Activité du CEAER sur le projet "Cuisinière à bois et à charbon améliorées."
Juin-Déc. 1982
- (11) Rapports sur les cuisinières améliorées de la première série du laboratoire de l'énergie solaire.
BAMAKO 1981
- (12) Helping people in poor countries develop fuel-Saving cookstoves
GATE S 1/7 10/80
- (13) Rapport annuel MINAGRI 1979.
- (14) Coopération Suisse
Projet Céramique de Nyange
Rapport annuel 80-81

EXPERIENCES DE CUISINIÈRES AMÉLIORÉES DANS D'AUTRES PAYS

Par Ruth DEER
Consultante de VITA
au C.E.A.E.R.

Résumé:

Il n'y a pas longtemps, tout le monde parlait de "cuisinières améliorées" comme étant une des meilleures solutions au problème mondial de déforestation -- en conjonction, bien sûr, avec des efforts de reboisement. Mais après plusieurs années d'épreuve, on commence à se demander quel est l'effet de ces cuisinières. Les bailleurs de fonds deviennent un peu cyniques. Sont-ils trop impatientes ? A-t-on promis des résultats trop peu réalistes ? Ou bien les cuisinières ne sont-elles pas aussi "améliorées" qu'on ne le pensait ?

Ici au Rwanda, le CEAER a lancé un programme restreint de constructions de cuisinières, environs 50, presque toutes très bien accueillies et appréciées. Les familles bénéficiant de ces premières installations se disent fort contentes, et prétendent économiser du bois et aussi du temps à la cuisson. La première réaction serait de dire qu'il est temps de lancer un grand programme de diffusion de ces cuisinières au Rwanda.

Mais il semble qu'il faut d'abord hésiter et faire le bilan de ce que nous pouvons apprendre des expériences d'autres pays, où les cuisinières ont été lancées il y a même six ans. Pourquoi n'a-t-on jamais évalué de façon systématique leur performance ?

Pourquoi les femmes abandonnent-elles ces cuisinières si souvent ? Et surtout, rendons-nous compte que les raisons de déboisement sont assez complexes.

Les cuisinières sont un volet important dans la lutte pour sauvegarder nos ressources forestières, mais ce n'est pas en installant des cuisinières censées avoir 40% d'économie par rapport aux méthodes traditionnelles que nous réduirons de 40% le taux de déboisement.

J'aimerais ne pas donner de chiffres ou de tableaux, mais parler d'idées et de principes; des leçons que nous pouvons recevoir d'autres pays.

Tout le monde reconnaît actuellement combien il est important d'économiser du bois. Plusieurs personnes en ont parlé dans ce séminaire.

On a cité des études qui disent que si nous continuons à consommer le bois au rythme actuel, il ne restera plus de bois au Rwanda en l'an 1986. Cela est bien grave.

Différents combustibles ont été proposés pour remplacer partiellement le bois: des déchets agricoles briquetés, le papyrus, la tourbe, le méthane contenu dans le biogaz. Mais il a aussi été question de cuisinières à bois améliorées, pour économiser du bois. Cette idée a été mentionnée déjà plusieurs fois dans ce séminaire. Et quel projet n'a pas un volet "cuisinière améliorée", que ce soit projet forestier, projet de développement communautaire, intensification agricole, amélioration des conditions de la femme, ou autre? Et ce n'est pas seulement au Rwanda qu'on en parle. Au Sahel, où la crise de déboisement est encore plus aigue, il y a des projets de cuisinières depuis six ans déjà. Que pouvons-nous apprendre de ces pays?

Avant de continuer, je vais expliquer brièvement ce qu'est une cuisinière améliorée pour ceux d'entre vous qui ne le savent pas encore. Une cuisinière améliorée est une structure en argile et sable, métal, terre cuite ou autre matière, conçue pour cuisiner avec moins de bois que le système traditionnel d'un feu ouvert sur trois pierres. L'économie de bois est réalisée, le feu étant enfermé et protégé du vent, et sa chaleur mieux dirigée contre la marmite, qui est d'habitude enfoncée dans la cuisinière pour baigner dans le feu à l'abri des courants d'air refroidissants. Souvent il y a deux marmites (ou même plus) chauffées par un seul feu; le feu se trouve sous la première marmite, et les gaz chauds de la combustion sont canalisés vers la deuxième marmite.

Avec des cuisinières améliorées, on peut souvent effectuer 50% d'économie, c'est-à-dire qu'on n'utilise que la moitié du bois nécessaire dans le feu ouvert. Puisque le bois de chauffage représente une si grande partie de l'utilisation totale du bois, on fonde beaucoup d'espoir sur ces cuisinières pour ralentir le taux de déboisement.

Quand on m'a demandé de parler dans le séminaire, on voulait connaître les résultats de ces efforts dans d'autres pays. Par exemple une question logique serait: quelle différence a-t-on constatée dans les taux de déboisement depuis l'installation de cuisinières améliorées? On pourrait aussi demander les effets sur la santé: avec la cuisinière en principe il est plus facile de faire bouillir l'eau, et on reçoit moins de fumée dans les yeux avec les modèles à cheminée.

Ou encore quel changement y-a-t-il eu dans l'emploi du temps des femmes? Si la cuisinière leur économise du temps sur la cuisson et le ramassage du bois, que font-elles de ce temps gagné? Est-ce qu'elles apprennent à lire, suivent des cours, forment des coopératives...?

Eh bien, je dois vous dire que l'expérience des autres pays n'est pas encourageante du tout.

Il n'existe aucun chiffre sur l'impact de ces cuisinières à l'échelle nationale, dans aucun pays. On peut souvent connaître le nombre de cuisinières construites, mais cela ne nous renseigne pas du tout (sauf peut-être sur l'argent dépensé dans cet effort). Si la cuisinière n'est pas utilisée, ou consomme trop de bois, notre but d'économiser du bois ne sera pas atteint.

Sans doute, nombreux sont ceux parmi vous qui protestent, disant que ce n'est pas équitable ce que je dis; que ce sont des effets à long terme qu'on ne pourrait apprécier en si peu de temps. Parce que six ans c'est peu pour un changement de moeurs -- surtout en ce qui concerne l'amélioration de la santé, ou la diversification des activités féminines.

Je suis d'accord, mais pour le moment il est quand-même vrai que nous ne sommes pas du tout sûrs que ces cuisinières économisent du bois. Il y a environ deux mois, une réunion technique s'est tenue à Banjul, en Gambie, entre l'Equipe Eaux et Forêts du CILSS (Comité Inter-Etats Permanent pour la Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel) et des représentants des Ministères du Plan. Ils ont parlé de cuisinières, et le ton était assez pessimiste. Des millions de dollars ont été dépensés. Et quels sont les résultats? Nous ne savons pas.

Tout d'abord, on n'arrive pas à évaluer ces cuisinières de manière systématique. Certaines études prétendent qu'avec des cuisinières améliorées, les familles épargnent jusqu'à 50 ou 60% de leur consommation traditionnelle; d'autres démontrent que beaucoup de cuisinières consomment plus de bois que les systèmes traditionnels. Les promoteurs de cuisinières n'ont jamais fait de bonnes évaluations, et de toute manière n'étaient pas d'accord sur la façon d'évaluer.

Mais le pire est que même les meilleures cuisinières sont très souvent abandonnées après quelques mois d'essai. Combien de fois n'est-t-il pas arrivé qu'un agent se rende dans une famille possédant une cuisinière améliorée pour parler avec la femme; celle-ci lui assure que cette cuisinière est merveilleuse et leur économise énormément de bois et de temps -- et quand il pénètre dans la cuisine pour voir cette merveille, il découvre une poule installée à l'intérieur de la cuisinière, en train de couver tranquillement ses oeufs.

Les bailleurs de fonds deviennent un peu cyniques...

Ceci dit, avant de vous décevoir ou vous fâcher, laissez-moi vous dire que je ne conseille pas d'abandonner les cuisinières, et que je ne pense pas qu'elles n'aient rien à nous apporter. Pas du tout. Je viens de passer six mois au CEAER (Centre d'Etudes et d'Applications de l'Energie au Rwanda) à construire des cuisinières. J'ai entendu des réactions extrêmement positives des utilisateurs. Nous avons fait des tests contrôlés à notre atelier, et je sais que ces cuisinières peuvent économiser. Alors, reprenons les deux problèmes d'évaluation et d'abandon.

Tout d'abord, ce n'est que récemment que les promoteurs des cuisinières se sont mis d'accord sur une façon uniforme d'évaluer la performance de cuisinières individuelles. On parle de "rendement" d'une cuisinière (qui n'est peut-être pas le terme approprié). Qu'est-ce qu'on entend par là? Le rendement d'une machine ou appareil quelconque peut être défini grossièrement comme étant le rapport entre le travail produit et l'énergie fournie à la machine pour qu'elle produise ce travail. Ce travail et cette énergie peuvent être exprimés en kilo-calories, kilojoules, ou autre mesure, du moment qu'ils sont tous les deux donnés dans la même unité. Pour une cuisinière, l'énergie fournie est celle qu'apporte le bois brûlé. Le travail produit est la cuisson: combien de litres peut-on chauffer de combien de degrés avec une quantité donnée de bois? Mais tant de facteurs interviennent: 1) Faut-il compter l'évaporation pour laquelle l'énergie était nécessaire, mais qui n'est pas un travail "utile"? 2) Faut-il couvrir les marmites? 3) Combien de temps doit-on continuer cet essai? - parce que la cuisinière agira différemment selon qu'elle est bien chauffée ou qu'elle démarre à froid. 4) Et comment faire le feu? Il peut y avoir des différences très grandes sur une même cuisinière dues à la manière différente de différents individus de construire et surveiller le feu.

Le rendement absolu ne nous dit pas grand-chose si nous ne savons pas comment le test s'est déroulé. Il serait plus utile de savoir combien cette cuisinière économise par rapport au feu traditionnel. Même là il y a des groupes qui prétendent réaliser des économies que d'autres diraient impossibles. Il faudrait se mettre d'accord.

Plusieurs rencontres à ce sujet ont eu lieu en 1982. Au mois de décembre, dans une réunion à VITA (Volontaires en Assistance Technique) à Washington D.C., les équipes et individus impliqués dans le travail de tests des cuisinières ont adopté un système qui devrait être utilisé par tout le monde. Espérons que désormais les choses seront plus uniformes, et les cuisinières plus faciles à comparer.

Mais là, on ne parle que du fonctionnement à un moment précis d'une installation précise. Ce qu'il faut évaluer aussi, c'est l'utilisation à long terme et à grande échelle. M. Camille NZABONIMANA a mentionné, par exemple, le système de pesés de bois journalière pour comparer le système traditionnel et la nouvelle cuisinière.

Je ne veux pas affirmer qu'aucune bonne étude n'a été faite jusqu'à présent; au contraire il existe une étude très valable sur le programme des cuisinières "Ban Ak Suuf" au Sénégal, au CERER (Centre d'Études et de Recherches sur les Energies Renouvelables). Cette étude s'intitule "Les Consommations de Combustibles Domestiques au Sénégal sur Foyers Traditionnels et sur Foyers Améliorés, Mars 1982".

Le CERER a fait des mesures comparatives dans 57 familles avec différents modèles de foyers améliorés à bois et à charbon, et il a trouvé pour ces foyers améliorés une économie moyenne de temps de cuisson d'environ une heure (sur les 5 heures requises avec le système traditionnel), et une économie moyenne de bois de 26% par rapport au système traditionnel.

J'ai quand-même des questions sur cette étude. On pourrait se demander la validité statistique de leurs chiffres; quand nous avons essayé cette même évaluation ici au Rwanda, nous avons trouvé beaucoup de facteurs qui intervenaient: des incertitudes dans le nombre de mangeurs, des confusions sur le bois utilisé, etc. Le fait que la plupart de ces mesures au Sénégal ont été effectuées dans des familles où les cuisinières venaient d'être construites est important aussi. Il faudrait voir l'utilisation de ces cuisinières aussi après six mois ou un an.

Dans tous les cas, c'est un très bon début. Il nous faudrait plus d'études de ce genre (quoique toute immixtion dans la vie privée d'une famille soit difficile).

Une autre complication pour l'évaluation des cuisinières est l'idée de "modèle". J'entends très souvent la question "Quel modèle est le meilleur, ou a le meilleur rendement?" On ne peut pas facilement y répondre; il y a tellement de facteurs qui interviennent; ce qui est approprié à une région ne l'est pas pour une autre. Mais le problème se pose aussi de la définition du mot "modèle". La plupart des projets construisent des cuisinières sur place, à la main, adaptées aux marmites employées dans la famille en question. On fait un bloc en argile et sable, dans lequel on creuse les trous et passages par après. Je peux parler d'un modèle "deux-trous avec cheminée", par exemple, mais chaque cuisinière sera un peu différente, suivant la disposition de la cuisine, la taille des marmites, et bien sûr les personnes qui construisent. C'est comme une oeuvre d'art chaque fois, qui peut varier -- et il peut y avoir des erreurs de construction. Cela pose un problème pour la diffusion, parce qu'il faut des personnes formées pour construire ces cuisinières. Les dimensions sont très importantes pour le bon fonctionnement de la cuisinière. Ainsi vous trouverez dans l'étude au Sénégal, par exemple, deux cuisinières du même "modèle", une qui économise 63% par rapport au feu traditionnel, et une autre qui consomme 14% de plus de bois que le feu traditionnel. (Il faut dire que la différence peut provenir en partie aussi de l'utilisation différente de ces deux cuisinières, mais c'est sûr que la configuration des cuisinières est aussi très importante).

Pourquoi ne pas standardiser, alors? Certains l'ont essayé; l'UNICEF à Ruhengeri a un système intéressant de briques fabriquées dans une presse avec des gabarits; il suffit alors de les assembler avec du mortier. L'AIDR essaie un système avec une dalle construite à l'avance qu'il suffit de poser sur une structure en briques cuites.

Reste toujours encore la question d'aménager le fond de la cuisinière en-dessous des casseroles. Mais le plus grand problème est que chacune de ces cuisinières est créée pour un diamètre bien précis de casserole; une autre casserole exigera d'autres gabarits ou des dalles d'autres dimensions.

Et ici au Rwanda, les casseroles en aluminium sont produites dans une multitude de diamètres différents.

Un autre aspect de l'idée de standardisation est qu'une fabrication centralisée à l'avance nécessite un système de commercialisation et d'achat, ce qui représente un obstacle à la diffusion dans les milieux ruraux. Mais pour le contrôle de qualité, cela mérite notre considération.

Une bonne option semble être celle des petits fourneaux à bois, transportables, fabriqués en terre cuite. Effectivement, le projet "Foyers améliorés" du CILSS à OUAGA DOUGOU vient de faire une étude poussée sur des fourneaux en terre cuite.

Elle énumère les avantages du fourneau transportable par rapport aux cuisinières massives en argile et sable; entr'autres, la possibilité d'un contrôle de qualité.

(Il y a bien sûr, des inconvénients aussi.)

Revenons aux études qui montrent une plus grande consommation de bois avec des systèmes dits "améliorés". Comment cela se peut-il, et pourquoi les gens utiliseraient-ils ces cuisinières?

En outre la possibilité de constructions mal faites, il y a le fait qu'on peut adopter un nouveau système de cuisine pour d'autres raisons que l'économie de bois. Ici au Rwanda, beaucoup de cuisinières ont été construites en briques cuites, avec une plaque métallique au-dessus. Les gens appréciaient ces cuisinières pour des raisons de confort -- évacuation de la fumée, surface élevée, etc. Mais elles n'étaient pas construites sur des principes thermiques, et effectivement elles consomment énormément de bois. Plus la crise de bois se fait sentir, plus ces cuisinières sont abandonnées. Notre première cuisinière construite dans le programme du CEAER se trouvait dans une famille qui avait une de ces cuisinières en briques. Ils avaient enlevé la plaque métallique, et posé trois pierres sur la structure en briques, qui servait alors uniquement de table élevée pour leur feu traditionnel.

Un autre exemple vient du Zimbabwe, où l'équipe du projet Cuisinières à l'ITDG (Intermediate Technology Development Group) de Londres a fait une étude il y a un an. Au Zimbabwe, à certaines périodes de l'année, il y a tellement de travail à faire dans les champs que l'économie de temps dans la cuisine est plus importante que l'économie de bois. Pendant ces périodes-là, les femmes mettent leurs casseroles sur une espèce de cuisinière avec une grande surface (soit un poêle métallique, soit quatre pierres reliées de barres métalliques), qui consomme plus de bois

que le feu ouvert à trois pierres, mais qui permet de faire la cuisson des différents plats en même temps. La cuisson achevée, la femme peut retourner aux champs plus tôt; quand cette période de travail agricole intensif est terminée, elle revient au système de trois pierres. Donc, les priorités ne sont pas toujours les mêmes. (On pourrait modifier ces cuisinières rapides pour réaliser aussi une économie de bois, mais pour le moment, le fait qu'elles économisent du temps justifie leur utilisation du point de vue des femmes).

Il faut se souvenir alors de deux choses: 1) il faut évaluer nos cuisinières dès le début, et 2) nous ne devons pas faire de fausses promesses sur l'effet qu'auront ces cuisinières. Quelqu'un de l'USAID est venu examiner nos cuisinières, et toutes les familles visitées étaient très enthousiastes; plusieurs disaient qu'ils n'utilisaient que la moitié du bois qu'ils utilisaient auparavant. Alors, très content, cet homme est rentré composer un telex pour envoyer à Washington, comme quoi les premières données montraient une économie de 50%. Mais non; ce n'étaient pas du tout des données, mais plutôt des réactions très subjectives, et peut-être exagérées pour nous faire plaisir. Les bailleurs de fonds et les gouvernements sont ainsi amenés à s'attendre à des résultats spectaculaires.

J'ai lu récemment un article où l'auteur disait que si l'on installait des cuisinières qui donnaient 50% d'économie, l'on pourrait réduire le taux de déboisement de 50%. Ce qui n'est pas vrai du tout. M. Fred Weber a parlé hier de quelques-unes des causes du déboisement: sécheresse (surtout dans le Sahel), défrichages pour les champs, animaux qui mangent les jeunes arbres, etc. La coupe pour le bois de chauffe est loin d'être le seul facteur.

Voici un calcul très grossier que j'ai fait à titre d'exemple: supposons que la collecte du bois de chauffage représente 50% du déboisement. Supposons encore que nous avons une cuisinière avec 50% d'économie, installée dans 50% des familles (ce qui est beaucoup, surtout quand on se souvient des déménagements et des nouveaux ménages et du fait que ces cuisinières ont une vie limitée, peut-être de plusieurs années). On peut peut-être s'attendre à 50% de réussite sur cette promesse de 50% d'économie, à cause des erreurs de construction et aussi de l'utilisation de cette cuisinière par la famille. Cela nous fait

$$50\% \quad \times \quad 50\% \quad \times \quad 50\% \quad \times \quad 50\% \quad = \quad 6\%$$

effet de consommation domestique sur déboisement total	x	réduction de consommation de bois (économie de la cuisinière)	x	pourcentage de ménage disposant d'une cuisinière	x	pourcentage de succès sur l'économie promise	=	réduction du déboisement due aux cuisinières
--	---	---	---	--	---	--	---	--

6% de réduction dans le taux de déboisement au lieu de 50% de réduction. Cela est peut-être un peu exagéré, mais c'est pour vous montrer qu'il faut être plus modeste dans nos attentes.

Et l'autre accusation -- que les fermes abandonnent leurs cuisinières? Nous arrivons aux facteurs sociologiques, qui sont encore plus difficiles à définir. Souvent au Sahel, les femmes voient des fissures apparaître dans leur cuisinière, et pensent que celle-ci est "cassée". Ou bien alors la cheminée est bouchée par une petite motte et ne marche pas, et elles oublient de la nettoyer. Est-ce parce que souvent ces cuisinières sont installées par quelqu'un de l'extérieur et que les femmes ne se sentent pas tellement impliquées? De toute façon, cela fait partie de la difficulté d'introduire une nouvelle technologie.

Les facteurs sociologiques qui ont trait à l'acceptabilité des cuisinières sont très complexes, et malheureusement les leçons qu'on tire d'ailleurs ne sont pas toujours applicables chez soi, puisque tout dépend des moeurs de la région. Voici plusieurs exemples d'aspects qui n'ont rien à faire avec le fonctionnement de la cuisinière mais qui se sont avérés très importants pour son acceptation:

La hauteur: Ici au Rwanda, il y a une famille qui vient de nous dire que leur cuisinière marche très bien, mais que ce n'est pas commode construite directement par terre, et que si on ne peut pas la soulever (c'est le modèle massif en argile et sable) ils abandonneront. C'est le contraire de ce qu'on a trouvé dans certaines régions du Sahel où l'on pensait faire bien en construisant des cuisinières assez élevées pour que la femme puisse cuisiner debout. Là, les femmes ont rejeté ce "confort" parce qu'elles avaient l'habitude de s'accroupir ou s'asseoir pour préparer le tô, une pâte de farine de mil qu'on doit malaxer vigoureusement.

Le décor: Dans certaines régions où l'on a l'habitude de décorer les murs de la maison, on s'est mis à peindre les cuisinières aussi.

L'emplacement: Parfois il arrive que le chef de ménage désigne un endroit pour la construction ne convenant pas à la femme qui est censée l'utiliser; elle continue alors dans son lieu coutumier. Au Sahel, dans les familles musulmanes, il y a encore d'autres problèmes avec les différentes co-épouses qui ont chacune sa cuisine, ses marmites, etc.

Ce ne sont que quelques exemples, mais je ne pourrais jamais souligner assez l'importance du côté sociologique. Tout récemment, je suis allée dans une famille où on préparait à manger dans un pot sur les trois pierres. La femme nous assurait que sa cuisinière marchait bien, et lui économisait du bois. Pourquoi est-ce qu'elle ne l'utilisait pas ce jour-là, alors?

Parce que la cuisinière était faite pour une marmite bien précise et qu'elle avait peu d'aliments à préparer et voulait utiliser une marmite plus petite. Un rwandais présent lui a demandé d'un ton un peu incrédule pourquoi elle ne pouvait pas mettre ces aliments dans la grande marmite, même s'ils ne la remplissaient pas, pour pouvoir utiliser sa cuisinière. Elle n'avait pas de réponse très précise à nous donner, sauf que c'était son habitude, ou "la tradition".

Il faudrait peut-être aussi ajouter que cette femme cherche son bois dans un boisement communal assez près de la maison. Tant qu'elle ne ressent pas la pénurie de bois, elle ne se sent pas obligée de faire des économies.

M. Jacques Staebler nous a parlé d'une enquête menée dans un grand nombre de familles rurales au Rwanda, sur les priorités ressenties par ces familles. Le bois de chauffage ne venait qu'en septième position. (La nourriture était leur premier souci.) Si les gens ont d'autres besoins plus urgents, ils ne reconnaîtront pas notre souci pour le patrimoine forestier à l'échelle nationale. Cela confirme l'expérience d'autres pays selon laquelle, pour faire accepter les cuisinières, il faut commencer dans les régions où le problème du bois est vraiment grave.

J'ai mentionné que même avec une cuisinière bien construite, l'utilisation de la cuisinière influençait beaucoup l'économie réalisée. Tout d'abord, la cuisinière peut être mal utilisée. La construction de cuisinières doit absolument être accompagnée d'explications sur la façon de les utiliser pour mieux profiter de leurs avantages. J'ai passé une matinée entière dans chacune de deux familles différentes qui utilisaient des cuisinières installées par notre programme du CEAER. Les deux familles sont très fières de leurs cuisinières, et les utilisent vraiment tous les jours depuis plus de quatre mois. Dans chaque cas, nous avons fait une cuisson comparative d'un repas local, haricots et pommes de terre, avec les mêmes quantités d'aliments sur la cuisinière et sur les trois pierres. Et dans les deux cas, où nous avons beaucoup parlé avec la famille et où je supposais qu'ils étaient vraiment habitués à leur cuisinière, ils n'ont pas réalisé une très grande économie de bois sur la cuisinière, parce qu'ils faisaient un feu trop grand là-dedans. Cela arrive presque toujours; on ne se rend pas compte qu'un tout petit feu suffira, que la chaleur est emmagasinée et utilisée plus efficacement que sur le feu ouvert. Alors on ajoute beaucoup de bois, plus qu'il ne faudrait, ce qui est évident du fait qu'il y a beaucoup plus d'évaporation sur la cuisinière -- ce bois a fait plus de travail, mais c'est du travail "inutile".

Il arrive aussi que les habitudes culinaires se modifient: par exemple, au lieu de cuire les mêmes aliments avec moins de bois, il y a des familles qui cuisent plus avec la même quantité de bois. De l'eau bouillie à boire, une plus grande variété dans le régime alimentaire -- ce sont de bonnes choses du point de vue santé ou nutrition, mais elles n'entraînent pas une économie de bois.

Un autre problème rencontré, qui est plutôt sociologique que technique, c'est toute la question de "diffusion". Comment mieux répandre cette idée de cuisinières? Qui doit payer et former les maçons? Comment choisir les bénéficiaires? Comment impliquer les femmes dans la recherche de modifications nécessaires? La question de diffusion mérite 10 pages à elle seule. Je me contenterai d'attirer votre attention là-dessus et de vous dire que même avec un bon modèle de cuisinière, bien acceptée par les utilisateurs, il y a souvent des problèmes énormes pour le reproduire à grande échelle. Il faudra étudier des expériences d'autres pays, et les raisons d'échec.

Donc les réactions sociologiques sont très importantes, plus importantes même que les problèmes techniques. (Ces problèmes techniques sont quand-même très importants: choix de matériaux, adaptation de différentes marmites, forme de la cuisinière, nécessité de chauffer la maison, etc.) Les essais de cuisinières au Rwanda n'existent pas depuis assez longtemps ou à assez grande échelle pour pouvoir bien évaluer leur acceptabilité. Le CEAER espère faire une évaluation socio-économique de ses cuisinières. Il faudrait absolument la faire, peut-être d'ici quelques mois.

Nous avons la chance d'avoir enfin des données des autres pays où on installe des cuisinières. Qu'ils fassent plus d'évaluations, et nous pourrions profiter de leurs expériences. Mais entretemps, il faudra aussi commencer dès le début à évaluer la performance réelle de nos cuisinières.

Je vous conseille de continuer le travail de cuisinières au Rwanda. Je sais qu'une cuisinière améliorée peut économiser beaucoup de bois par rapport au foyer traditionnel; j'ai vu beaucoup de familles très contentes de leurs cuisinières et qui en prenaient grand soin.

En conclusion, j'aimerais vous rappeler deux choses: les problèmes sociologiques sont très importants; et une évaluation sur la consommation réelle du bois avec ces cuisinières est critique. Et j'aimerais vous laisser les recommandations suivantes :

RECOMMANDATIONS POUR LE TRAVAIL DE CUISINIÈRES AMÉLIORÉES AU RWANDA.

- Rester en contact avec d'autres projets de cuisinières, au Rwanda et ailleurs, pour des questions techniques.
- Faire des évaluations continues, de l'économie de bois réalisée, et de l'acceptabilité sociale.
- Mettre sur pied des systèmes de formation de maçons-construc-teurs.
- Avoir au moins une femme rwandaise dans votre équipe.
- Développer d'autres modèles (transportables, par exemples,

et modèles pour le charbon de bois).

- Faire payer les bénéficiaires, ou du moins les faire participer activement à la construction.

- Faire un bon suivi.

- Continuer les efforts de reboisement, et encourager d'autres mesures telles que le séchage du bois, le fait de tremper les haricots avant de les cuire, etc.

- Etre réalistes dans vos attentes et promesses.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE.

Boiling Point, du Projet Cuisinières de l'Intermediate Technology Development Group, Londres; No. 2 (mai 1982).

Cookstove News, d'Approvecho Institute, Eugene, Oregon; Vol. 2, Nos 2 & 3 (mai et août 1982).

Improved Woodstoves in the Sahel: A Critical Assessment, de Timothy S. Wood, article préparé pour conférence de l'USAID sur l'énergie, la silviculture et l'environnement à Nairobi; décembre 1981.

Les Consommations de Combustibles Domestiques au Sénégal sur Foyers Traditionnels et sur Foyers Améliorés, Mars 1982,

de Gérard Madon, Lamine Diop, et Eric Lagandre, CERER/USAID, Dakar, Sénégal.

INNOVATIONS EN ENERGIES RENOUVELABLES ET
CHANGEMENT EN DEVELOPPEMENT COMMUNAUTAIRE

Par Dr TWAGIRAMUTARA Pancrace
Université Nationale du Rwanda

Résumé

Une première étude socio-économique sur l'introduction des Energies Renouvelables et Traditionnelles Améliorées a été effectuée en 1981.

Partant d'une étude de cas des expériences de réalisations d'introduction des ERTA dans les Communautés locales de Huye, Ngoma, Kinyamakara ..., cette communication part de la question de savoir si les innovations en ERTA doivent se faire en continuité avec le passé ou en rupture avec lui. Dans l'une ou l'autre hypothèse, comment procéder dans la vulgarisation, comment éviter la manipulation de la population, comment assurer sa participation.

Les points de vue qui sous-tendent cette communication se retrouvent dans un document intitulé "Etude de factibilité des Appareils utilisant les Energies Renouvelables et Traditionnelles Améliorées en Milieu Rwandais".

Comme d'aucuns le savent, le "Centre d'Etudes et d'Applications de l'Energie au Rwanda" (C.E.A.E.R.) a, ces derniers temps, mis au point une série d'appareils prototypes en énergies renouvelables. Certains de ces appareils prototypes, tels le chauffe-eau solaire, le distillateur solaire, la cuisinière à bois améliorée, etc..., se sont déjà avérés suffisamment opérationnels. Dès lors, la question qui se pose à présent est celle de leur introduction en milieu rural et urbain rwandais.

C'est précisément dans ce cadre qu'il nous fut demandé d'effectuer une étude de factibilité de ces appareils prototypes expérimentés en station de recherche de ce "Centre d'Etudes et d'Applications de l'Energie au Rwanda", de façon à dégager les facteurs favorables ou défavorables à leur acceptation sociale par les populations autochtones rwandaises évoluant tant en milieux ruraux qu'en milieux urbains.

La démarche analytique privilégiée pour nous acquitter de cette mission fut, il faut le dire, sous-tendue par notre conviction que l'introduction et la diffusion à grande échelle en milieu ruraux et urbains rwandais de ces innovations technologiques en énergies

renouvelables, avait autant plus de chance d'aboutir aux résultats escomptés qu'elle s'opérerait dans une perspective de développement communautaire. Une telle perspective nous paraissait en effet beaucoup plus susceptible de permettre, d'une part, aux agents des milieux ruraux et urbains précités de prendre part à l'examen et au choix de celles d'entre ces innovations perçues comme étant les plus conformes à leurs intérêts sociaux, économiques et symboliques.

Une telle perspective nous paraissait, d'autre part, beaucoup plus susceptible de permettre aux chercheurs d'éviter de manipuler les populations affectées par ces innovations en tenant compte :

primo : des besoins et aspirations ressentis et exprimés ainsi que des diagnostics généralement opérés par ces dernières en fonction de leurs valeurs et préférences propres;

secondo : des résistances éventuelles des structures existantes faces à ces innovations technologiques.

C'est donc en se fondant sur ces présupposés que fut réalisée la première phase de nos études socio-économiques de factibilité de ces énergies renouvelables. Ces études de factibilité furent essentiellement centrées tour à tour sur l'analyse des coûts et des bénéfices (avantages) écologiques, économiques, biologiques et sociaux de tout genre... d'une part, et d'autre part, sur l'analyse des réactions spécifiquement socio-culturelles générées par la persption de ces innovations en énergies nouvelles et renouvelables par les acteurs sociaux du champ considéré.

La zone d'observation.

La "Région-test" choisie pour cette étude de factibilité fut les préfectures de BUTARE et de GIKONGORO.

En Préfecture de BUTARE, trois Communes rurales, une Commune urbain et trois collectivités furent sélectionnées pour cette étude de factibilité.

La Commune Urbaine de Ngoma fut choisie pour l'étude de factibilité du "four à bois" et "Imbabura" améliorés; les Communes rurales de Huye, Maraba et Muvaga furent choisies pour l'étude de factibilité du digesteur à méthane et du four à bois amélioré; les collectivités suivantes furent également sélectionnées pour l'étude en question, à savoir :

- l'Hôpital Universitaire de Butare pour l'étude de factibilité des appareils prototypes de chauffe-eau solaire et de distillateur solaire;
- la Prison de Karubanda pour l'étude de factibilité du digesteur à méthane;
- le Centre d'Alvinage Principal et de Pêcherie de Kigembe pour l'étude de factibilité de l'appareil de séchoir solaire.

En Préfecture de Gikongoro, deux Communes rurales et trois collectivités furent sélectionnées.

Les Communes rurales de Rwamiko et de Kinyamakara pour l'étude de factibilité du digesteur à méthane et du four à bois amélioré; alors que du côté des collectivités, l'Hôpital de Kigeme était choisi pour l'étude de factibilité en ce qui concerne le chauffe-eau solaire et le distillateur; le Dispensaire de Rukondo pour l'étude de factibilité de prototyp "photopile" produisant l'électricité solaire et permettant le pompage d'eau, ainsi que la collectivité "Kavili" pour l'étude de factibilité d'une micro-centrale hydro-électrique susceptible d'être installée sur "Kavili".

La démarche adoptée pour la collecte des données.

Dans une étude de factibilité des innovations technologiques en énergies renouvelables orientés vers l'analyse de leur degré d'acceptabilité sociale par les populations rwandaises, la démarche de collecte des données qui nous parut la plus appropriée à cet effet fut celle alliant, d'une part, la technique d'interview fondée sur la méthode d'enquête individuelle pour rassembler les données au niveau des responsables des différents services des Etablissements et des Communes sélectionnées et, d'autre part, la technique d'interview sur la méthode d'enquête/débat de groupes pour les autres catégories de populations.

- Commune Muyaga (Digesteur à méthane / Four à bois amélioré) :
 - interview individuel : autorités
 - interview/débat de groupe : groupe de paysans/éleveurs.
- Commune Rwamiko (Digesteur à méthane/Four à bois amélioré) :
 - interview individuel : autorités
 - interview/débat de groupe : groupes de paysans/éleveurs
- Commune Maraba (Digesteur à méthane / Four à bois amélioré) :
 - interview individuel : autorités
 - interview/débat de groupe : groupes de paysans/éleveurs
- Commune Huye (Digesteur à méthane / Four à bois amélioré) :
 - interview individuel : autorités
 - interview/débat de groupe : groupes de paysans/éleveurs
- Commune Ngoma (Four à bois amélioré et "Imbabura" amélioré) :
 - interview individuel :
 - Les Fabricants d'Imbabura
 - Les Utilisateurs des Fours à bois existants.
 - interview/débat de groupe : un groupe représentatif des divers secteurs de la Commune.

Le choix d'une telle démarche fut essentiellement guidé par trois mobiles, à savoir :

- a) notre souci de permettre l'expression de certaines opinions et la manifestation de certaines réactions
- b) notre intérêt de replacer les perspectives mises en avant par les interviewés dans leur dimension macro-sociale
- c) notre préoccupation de favoriser une meilleure autorisation des explications fondées sur les phénomènes socio-économiques globaux et non sur les réactions purement individuels.

Un matériel relativement riche a pu être rassemblé à travers des diverses séances d'interviews oraux sous forme d'enquête de groupe. Le déroulement de chacune de ces séances d'enquête a chaque fois été intégralement enregistré par magnétophone et retranscrit pour analyse. Ainsi dispose-t-on d'environ 400 pages de textes manuscrits produits par les individus et les groupes au niveau des Communes Muyaga, Rwamiko, Maraba, Huye et Ngoma.

Quelques-unes des questions des populations interviewées sur la factibilité des innovations technologiques envisagées,

Une série d'interrogations de fond furent à plusieurs reprises soulevées par les populations interviewées dans le cadre de cette étude.

Celles-ci incitèrent sur la nécessité de recevoir des explications pertinentes sur les sources possibles du financement des installations dans la "région-test" choisie aux fins de cette étude des divers types d'appareils utilisant les énergies renouvelables et traditionnelles améliorées progressivement mis au point dans les laboratoires du C.E.A.E.R.

D'autres interrogations non moins importantes furent régulièrement soulevées par les populations interviewées. Mentionnons à titre d'exemple :

- la question relative au coût de ces appareils ainsi que des accessoires nécessaires à leur bon fonctionnement;
- la question relative à leur durée d'utilisation;
- la question relative à la durée de cuisson sur les prototypes de cuisinières améliorées, au type de marmites idéales susceptibles de contribuer à la réduction maximale du temps de cuisson sur de tels appareils;
- la désir exprimé par les populations enquêtées de voir un jour les recherches du C.E.A.E.R. déboucher sur une utilisation massive des cuisinières à biogaz au niveau des diverses unités d'établis-

sements publics, tels les stations militaires, les communautés religieuses, les établissements d'enseignement secondaires et supérieur, les prisons, etc..., qui, dans l'état actuel des choses, consomment trop de bois. Ce qui, selon ces populations enquêtées, aurait pour effet de permettre aux familles diverses unités de familles rurales et urbaines qui, prises individuellement, consomment en moyenne moins de bois, d'en trouver plus facilement et à des prix plus intéressants pour elles.

La phase évaluative de notre étude socio-économique

La seconde phase de notre étude socio-économique devrait, une fois la plupart de ces appareils prototypes installés dans la "Région-test" évoquée, permettre d'effectuer une évaluation détaillée du retentissement de ces innovations dans les domaines économique, social, politique, culturel au niveau de l'échantillon choisi.

En effet, la diffusion à grande échelle de telles innovations en énergies renouvelables et traditionnelles améliorées exige que l'on s'assure au préalable qu'on dispose à effectivement des innovations économiquement viables et réellement appropriées à l'environnement de leurs utilisateurs potentiels et, partant, socialement acceptables par ces derniers.

En effet, de même que les "social Consultants" ont, au niveau de la première phase de l'étude, invité les populations locales interviewées à participer à la formulation de leurs besoins et aspirations, de même faudra-t-il, à travers cette seconde phase, inviter ces mêmes populations à participer à la formulation, en fonction de leurs valeurs et préférences, des divers éléments possibles d'une politique corrective susceptibles de mettre en balance les "coûts-bénéfices" sociaux de ces innovations technologiques avec les considérations purement financières et techniques.

LES PROGRAMMES DU CENTRE D'ETUDES ET DE RECHERCHES SUR LES ENERGIES RENOUVELABLES

Par ABDOUCAYE M'POW,
CERER, DAKAR, SENEGAL.-

1) Historique

Dès 1957, les problèmes énergétiques font l'objet de recherches au Sénégal (c'est à cette époque qu'a été créé le laboratoire de physique et de météorologie à la faculté des Sciences de l'Université de Dakar). L'exhaure de l'eau a été un des tous premiers problèmes abordés et la mise en place de motopompes par l'énergie solaire a fait l'objet de recherches.

En 1960, nous avons pu assister à l'expérimentation de deux petites unités de pompage d'une puissance d'environ 100 watt chacune (motopompes avec vaporisation directe, utilisant l'anhydride sulfureux comme fluide moteur). De multiples orientations avaient toutefois été définies concernant des domaines aussi variés que:

- la météorologie tropicale
- la culture d'algues alimentaires
- le chauffe-eau solaire
- la distillation

Devant l'ampleur des sujets étudiés, le 25 février 1960 a été créé l'I.P.M. (l'Institut de faculté) dirigé par le Professeur MASSON jusqu'en 1970.

Durant la période 1960-1970, un certain nombre de travaux ont été développés :

- 1962: soutenance d'une thèse de doctorat en sciences physiques par Mlle O. SALVADOR "Contribution à l'étude du rayonnement solaire au voisinage du sol dans les régions tropicales".

- 1963: soutenance par J.P. GIRARDIER d'une thèse concernant les pompages solaires. Installation de la première pompe à cycle thermodynamique à basse température fabriquée au SENEGAL (SECRA de 6 m² de capteurs. Brevet CANPJ "GIRARDIER-MASSON".

- 1960-1969: montage et essais de la pompe solaire ITEC dotée d'un moteur avec 300 m² de capteurs plans, fabriqués par les établissements MENGIN (FRANCE).

- 1966-1967: thèse de doctorat en sciences physiques soutenue par M.Y. TOUGEYNI : "Contribution à l'étude de l'effet PELLETIER" (pour la réfrigération solaire).

- 1967: thèse du docteur-ingénieur soutenue par M. MAITREHENRY "Contribution à l'étude du séchage du poisson".

- 1966-1967: montage de la motopompe solaire NADJE avec

12 m² de capteurs (200 watts). Prototype de mesure fabriqué par les établissements MENGIN.

- 1967: montage du premier prototype "industriel" de motopompes solaires SEGAL d'une puissance de 1 kw crête avec 88 M2 de capteurs fabriqués par les établissements MENGIN et mise au point par l'I.P.M. en 1968-69 et 70.

Dès lors, c'est le début de l'ère industrielle pour les moteurs fonctionnant à l'énergie solaire et on voit l'apparition de la pompe à moteur MGS 2, commercialisée par la SOFRETES (MENGIN) en Afrique et au MEXIQUE. Durant cette période, le financement a été octroyé par la DGST et le CNRS. C'est en 1975, que l'I.P.M. verra à nouveau croître son rôle national dans le cadre du secrétariat d'état à la recherche scientifique et technique. Un plan de financement est lancé (150.000.000) et en 1980 le plan de développement est réalisé à 50%.

11) Les Principaux Programmes de Recherche du C.E.R.E.R.

Le C.E.R.E.R.: Il résulte de la transformation de l'I.P.M. en 1980 qui devient Institut d'Université. Le CERER dispose d'une superficie de bâtiments de 700 m² (200 sont en cours de construction. Il dispose notamment d'un équipement de radiométrie et d'un matériel de mesure relativement considérable. Il a en outre un atelier et hall de montage lui permettant une autonomie croissante. Par ailleurs, une telle activité permet aux chercheurs de conserver un contact direct avec les problèmes concrets de factibilité, usinage et entretien de pouvoir adapter les études technologiques d'un projet au contexte industriel local et aussi, de conseiller les fabricants.

Le CERER, depuis sa création a mis en place un certain nombre de programmes de recherches:

11.1. L'Évaluation du potentiel solaire et éolien du SENEGAL et le suivi des stations :

Dans le cadre de la politique énergétique initiée par le SERT (2), le CERER a pour but d'élaborer un système d'évaluation. Il s'agit d'établir une carte d'ensoleillement du territoire, une carte de vitesse des vents et une banque de données sur tous les paramètres.

Ce programme s'effectue avec d'autres structures:

La météorologie nationale dispose de stations de mesure et l'ISEA également.

La première phase du programme en une collaboration avec ces organismes (le CERER s'occupant de l'étalonnage des appareils), et une fourniture d'appareils de mesure.

La seconde phase doit aboutir à une remise en état des structures existantes, au choix définitif du complément du réseau et à l'élaboration d'un prototype de station (avec la collecte

des données effectués par une équipe du CERER). Le Centre s'occupera aussi du traitement des données et du suivi des stations.

11.2 Le Séchage Solaire

L'étude de ce sujet date de 1967 avec la thèse citée dans l'historique. Ce programme a été motivé par l'activité de pêche répandue sur la zone côtière et la consommation élevée du poisson dans tout le pays. La méthode traditionnelle consiste en un séchage à l'air libre par exposition directe au soleil ; cependant, avec une telle technique, les conditions d'hygiène ainsi que les résultats sont médiocres et causent des pertes allant jusqu'à 60%.

Plusieurs prototypes de séchoirs ont été testés et l'expérimentation a touché :

- différentes structures de capteurs solaires
- des aires de séchage de conception différente
- divers matériaux de construction du séchoir
- la ventilation naturelle par l'intermédiaire de cheminées.

A l'heure actuelle, deux technologies ont été retenues :

- la tente de séchage
- le séchage semi-industriel avec capteurs plans

La tente de séchage présente l'avantage d'être susceptible de construction artisanale simple et bon marché. Cet instrument est destiné aux pêcheurs individuels et aux petits groupements. La réalisation de ce programme se fait en collaboration avec l'ITA (3).

Le séchoir semi-industriel à capteurs plans est destiné aux Coopératives de pêcheurs possédant certains moyens financiers et des structures de gestion et maintenance.

Les efforts de l'équipe ont convergé pour aboutir à un procédé simple, une conception marchande et une utilisation de matériaux locaux. Ils se concrétisent par le SESOL 1-20 dont les caractéristiques sont les suivantes :

- une capacité en poisson frais de 250 kg
- une surface utile de capteurs plans de 20 m²
- une utilisation forcée de 1.200 m³/h (moteur de 0,5 cv.)
- un coût de 2.000.000. F. CFA

Le CERER s'est aussi intéressé au séchage solaire des produits agricoles. Trois thèmes sont à l'heure actuelle à l'étude avec la CNRA de BAMBEY.

Le séchage du fourrage pour l'alimentation du bétail par tunnel de séchage ou par hangar de séchage et stockage.

Le séchage des gombos et piments : expérimentation en cours avec la tente de séchage.

Le stockage des oignons dans un silo où une circulation d'air est créée à température ambiante par deux cheminées.

11. 3 La distillation solaire :

L'objet est la production d'eau pure pour les laboratoires et l'industrie. L'appareil se présente sous la forme d'un bac moulé de 2 m² en amiante-ciment (fabriqué par une société sénégalaise).

L'isolation du fond se fait avec du polyéthane sous la plaque d'amiante-ciment (fabriquée par une société sénégalaise). L'installation dispose d'une couverture amovible en verre (4mm) avec double pente (15°), d'un montage sur cadre de métal et bois traité d'une rigole de récupération incluse dans le verre et un bac en polyéthylène noir. Actuellement, un projet de 10 m² est en cours pour équiper le laboratoire du CNRA à BAMBEY.

11. 4 Le programme "BAN AK SUJE" : Foyers améliorés

Le programme s'inscrit dans le cadre des économies d'énergie et a pour objectif principal la diminution de la consommation de bois et charbon de bois la cuisson des aliments. Il n'est pas utile d'insister sur une telle action dont l'intérêt pour la défense de l'environnement est évident. Nous avons abouti à un modèle de cuisinière (B.A.S.) fixe. Cet appareil présente les caractéristiques suivantes :

- il peut être construit partout où l'on trouve de l'argile et du sable (c-à-d dans tout le SENEGAL).
- il permet la cuisson de toutes sortes de mets et ce, quelles que soient les méthodes de cuisson et les ustenciles utilisés.
- il peut être autoconstruit avec un outillage existant dans les villages.
- il préserve les enfants des dangers du feu.
- il permet une adaptation aux habitudes culinaires
- il permet enfin de réaliser une économie allant de 30 à 60 % de combustibles.

Cependant, le problème qui se pose est celui de la diffusion du savoir faire des populations concernées. C'est ainsi qu'un programme a été lancé qui comprend deux phases.

PREMIERE PHASE : (mars 80 juillet 81) avec :

- la construction d'environ un millier de prototypes de cuisinières à bois "B.A.S." en milieu rural afin de mieux définir les conditions d'acceptation.
- la construction de quelques centaines d'appareils en milieu urbain.
- la réalisation de tests au CERER pour améliorer la qualité et l'efficacité des différents modèles.
- l'évaluation des difficultés rencontrées dans la diffusion du savoir-faire.
- la réalisation de supports pédagogiques pour la diffusion et la vulgarisation.

DEUXIEME PHASE : (Octobre 81 - Septembre 84)

Diffusion des foyers améliorés à grande échelle.

L'objectif est d'atteindre 80% de la population, soit l'installation de 500.000 cuisinières.

La diffusion est organisée à partir d'équipes mobiles chargées de former la population (cf. organigramme).

Le programme chauffe-eau :

C'est dans le domaine du chauffage de l'eau à usage domestique ou collectif que la chaleur issue de l'énergie solaire est entrée le plus facilement dans la pratique quotidienne.

Le CERER a produit dans ce domaine un chauffe-eau à grande série et n'a rien à envier aux chauffe-eau classiques. La gamme proposée s'étend sur des capacités de 200, 350, et 520 l et est du type thermosiphon. La distribution se fait par gravité ou sous pression par l'intermédiaire d'un échangeur extérieur. Adapté aux ressources locales, il nécessite des matériaux produits localement et est d'un faible prix. Les projets d'installation sont en cours pour des hôpitaux, hôtels ou industries.

Le Chauffe-eau solaire est destiné à devenir un produit industriel. La SINAES est chargée de sa production et sa commercialisation. Sa capacité de production s'élève en régime de croisière à 5.000 chauffe-eau solaire (20 litres) par an, 1.000 capteurs solaires (4 m²) par an pour la production d'électricité et d'eau chaude sanitaire.

Cette capacité est censée pouvoir être augmentée sans investissements supplémentaires en faisant travailler deux équipes durant huit heures.

Enfin, un programme de stockage thermique a conduit à l'élaboration d'un réservoir de 40 m³ isolé par 25 cm de polyéthylène et de sable sec. La température de stockage est de 80°C.

- (1) I.P.M. Institut de Physique et de Météorologie
 - (2) S.E.R.S.T. Secrétariat d'Etat à la Recherche Scientifique et Technique
 - (3) I.T.A. Institut de Technologie Alimentaire
-

-265-

L'EXPLOITATION DES ENERGIES RENOUVELABLES : L'EXPERIENCE NIGERIENNE

Par Albert WRIGHT, Directeur-Adjoint
de l'ONERSOL
Niamey, Niger.

Le Niger s'est intéressé à l'exploitation de l'Energie Solaire dès le début des années 1960, puisque la loi portant création de l'Office de l'Energie Solaire du 15 Mai 1965. Cette loi plaçait l'Office sous la tutelle du Chef ou du Ministre par lui, délégué. Elle a été reprecisée par l'Ordonnance du 15 Mai 1975 qui fixe les objectifs de l'ONERSOL qui sont :

- d'une part d'effectuer des recherches et d'en exploiter les résultats en vue de la création, de l'expérimentation et de la mise au point de prototypes d'installations ou d'appareils dont le fonctionnement dérive de l'Energie Solaire.
- d'autre part d'assurer à ces installations ou appareils leur vulgarisation, leur mise en fabrication industrielle et leur commercialisation, tant sur le territoire de la République du Niger qu'à l'extérieur.

C'est conformément à ces dispositions statutaires que l'ONERSOL a poursuivi la recherche en énergie solaire depuis 17ans, et assuré depuis 1976, la vulgarisation et la production industrielle d'appareils tels que des capteurs plans couplés avec des moteurs thermiques, des distillateurs, des Chauffe-eau.

Il paraît cependant, après six ans d'expérience industrielle, que les fonctions de recherche et de production assignées à l'office, sont difficilement conciliables sous l'autorité d'un même Directeur, et le statut de l'Office est actuellement en cours de révision, pour différencier ses deux activités principales et les séparer.

Déjà a été créée une Société d'Economie Mixte, avec participation de l'Etat, de privés nationaux, qui va, indépendamment, de la Section Etudes et Recherche de l'ONERSOL, poursuivre les activités de production industrielle et commerciale.

La Section Etudes et Recherches de l'ONERSOL va pouvoir à partir de 1983, se consacrer exclusivement à la recherche fondamentale et appliquée, déjà amorcée, et en cours dans les domaines suivants :

1. - Conversion thermomécanique de l'Energie Solaire.

Les activités de ce domaine ont débuté dès la naissance de l'Office en 1965, avec au départ la création d'une station météorologique complète permettant la détermination des paramètres

solaires du lieu d'expérience : mesures quotidiennes des rayonnements solaires suivants :

*Global Horizontal G_h

*Global Incliné G_i

*Direct I

* Diffus, et autres données telles que : vitesse du vent, température extérieure, hygrométrie de l'air.

Trois appareils ont ensuite été étudiés, testés mis au point.

- Un capteur plan solaire conçu en tôle aluminium avec plaque noire absorbante, isolation arrière en laine de verre, et couverture double vitrage.
- Un chauffe-eau solaire de 200 litres de capacité, en liaison avec ce capteur.
- Un distillateur solaire de 10 litres/jour de capacité de production, en tôle d'aluminium et vitrages.
- Une cuisinière solaire de forme parabolique avec une coque en tissu de verre solidifié à la résine et recouverte d'un miroir en tôle fine d'aluminium réflecteur anodisé.

L'expérience de vulgarisation des deux premiers appareils a connu des succès puisqu'en six ans quelques 500 chauffe-eau solaires ont été confectionnés et installés chez des particuliers, sur des hôtels ou des maternités. Leurs capacités varient de 200 litres à 1.000 litres l'unité.

Les mêmes capteurs plans utilisés pour les chauffe-eau, ont été couplés avec des boucles thermiques à vapeur de fréon de 1, et 10 kilowatts de puissance nominale, commercialisées par SOFRETES (Société Française d'Etudes Thermiques et d'Energie Solaire). Cependant, des difficultés techniques ont surgi lors de l'exploitation de ces installations, en particulier la plus récente d'entre elles, un moteur à vis de 10 kilowatts, monté sur le rizicole de Karma, à 40 km de Niamey.

Des pannes fréquentes ont amené le producteur SOFRETES en relation avec le CEA Français de l'ONERSOL à entreprendre des études systématiques de suivi de la marche de ce moteur. Les études ont été productives par leurs apports tant au plan des connaissances fondamentales du principe de fonctionnement de ces moteurs, qu'au plan technologique, à cause des nombreuses modifications qu'elles ont permis de suggérer au constructeur et qui vont dans le sens d'une amélioration des qualités technologiques et des performances de ces machines.

Nous espérons que grâce à cet acquis, les moteurs de la deuxième génération présenteront plus de garanties à l'avenir, ce qui signifie cependant pas que la recherche soit terminée. Combien de décennies se sont écoulées avant que naisse le moteur à essence muni de ses derniers perfectionnements !

La pompe solaire en fonctionnement à Karma qui a coûté 100 millions CFA, marche assez régulièrement maintenant depuis deux ans, assurant quatre à cinq heures de pompage par jour avec une hauteur manométrique de pompage moyenne de 6 mètres, et à raison de 300 à 400 m³/heure, suivant la température de source froide (le fleuve Niger) assez variable au cours de l'année (entre 20 et 25°C).

La surface nette de captation est de 702 mètres carrés actifs. Si nous prenons un rayonnement global de 650 watts/m² cela conduit à un rendement global moyen de 2%.

Parallèlement à cela, Professeur Abdou MOUMOUNI DIOFFO, Directeur de l'ONERSOL, a calculé les caractéristiques d'un moteur solaire à pistons, et à vapeur de fréon 113 d'une puissance nominale de 2 à 12 kilowatts.

Son brevet d'invention déposé l'OAPI en 1977, a fait l'objet d'une exploitation industrielle dans le cadre d'un "joint venture agreement" entre le Niger, le Ministère Fédéral Allemand de la Recherche Scientifique et Technique, et une firme privée Allemande, constructrice de moteurs, Spillingwerk.

Le premier prototype, construit à Hambourg en 1981, a été testé avec succès 1.200 heures en usine et va être transféré à Niamey en 1983 pour des essais sur le terrain.

Le travail de conception de ce moteur déjà en gestation depuis 1970, et une communication scientifique sur sa source chaude avait été présentée au Congrès International de Paris "Le Soleil au Service de l'Humanité" en Juillet 1973, sous le titre "Etude Expérimentale d'un Miroir Cylindro-parabolique".

La source chaude en question, objet d'un deuxième dépôt de brevet à l'OAPI et qui finit d'être mise au point par l'ONERSOL, est constituée d'une batterie de capteurs plans qui assurent le préchauffage du fluide caloporteur, en liaison avec des cylindro-paraboliques mobiles en aluminium réflecteur, et orientés axe du monde. La réalisation d'une source chaude à 180°C permettra d'améliorer sensiblement le rendement global du nouveau moteur en comparaison des sources chaudes à 80 - 90°C, et de réduire corrélativement les dépenses d'investissement.

2.- Captation plane de l'Energie Solaire.

L'expérience de commercialisation des chauffe-eau solaires, principalement dans la ville de Niamey a montré que certaines imperfections technologiques gênent la bonne marche des capteurs. Par ailleurs leur tenu au vieillissement laisse à désirer. La recherche de mastics qui résistent à nos conditions climatiques ainsi que de revêtement noirs sélectifs de meilleure qualité, se poursuit pour arriver à produire un appareil mieux fini, et plus fiable à l'exploitation.

3.- Séchoir Solaire de Produits Agricoles.

Des expériences de séchage de certains produits agricoles, en particulier les oignons, se poursuivent depuis plus de deux ans avec l'aide financière de CRDI (Centre de Recherche pour le Développement International, Canadien). Nous avons déjà obtenu des produits secs de bonne qualité dans un premier séchoir à convection naturelle, conçu tout aluminium (capteur, stockeur et cheminé) mais le prototype ainsi conçu est cher (100,000 CFA) et nous ne croyons pas que la commercialisation de ce type d'appareil puisse se faire à l'échelle individuelle.

C'est pourquoi nous sommes en train de tester à présent un séchoir en brique alimentés par de l'électricité de photopiles. Si les résultats sont satisfaisant, un séchoir de grandes dimensions à usage collectif sera construit pour être utilisé par une coopérative de paysans producteurs d'oignons.

Le séchage du poisson sera lui-aussi expérimenté.

4.- Four Solaire pour la Cuisson de Produits Céramiques.

Ce projet est en cours de réalisation depuis six ans et les dépenses effectuées atteignent déjà 40 millions CFA.

L'Etat vient de construire le Bulding d'ONERSOL (700 millions CFA) comprenant :

- 8 bureaux pour Chercheurs
- 4 laboratoires (thermique, semi-conducteurs, Optique, Biomasse);
- 2 ateliers de mécanique;
- 1 cité d'accueil de 14 chambres.

Sur la face arrière de ce complexe, seront construits deux héliostats de 85 m² chacun, à poursuite automatique du soleil, et réfléchissant le rayonnement sur un paraboloïde de 85 m² de surface utile. La chaleur concentrée au foyer du paraboloïde permettra de chauffer une enceinte à 1200 à 1500°C, où sera essayée la cuisson de produits céramiques. La puissance utile calculé est de 50 kilowatts.

Ce four serait aussi un instrument utile pour des études fondamentales en physique des hautes températures.

5.- Climatisation solaire à absorption.

Une étude pour la climatisation solaire du bulding récemment construit de l'ONERSOL vient de commencer au stade théorique. Le système que nous proposons d'expérimenter, est semblable à celui qui a été testé avec succès à Ashkhabad en Turkménie (URSS). Il s'agit d'une machine à froid par évaporation de l'eau dans une enceinte à basse pression, à l'aide d'une saumure eau-chlorure de lithium. Au sortir de l'évaporation-absorbeur, la solution forte par évaporation de son eau à ciel ouvert sous l'effet du rayonnement solaire et de la convection de l'air.

6.- Energie Solaire Photovoltaïque.

a) utilisation de l'Energie Solaire dans les télécommunications.

L'office des postes et Télécommunications du Niger a équipé plusieurs stations de relais de faisceaux hertziens de photopiles solaires. La première de ces installations réalisée en Juillet 1976 en collaboration avec l'ONERSOL comprenait :

- un panneau de 33 modules de photopiles solaires produisant une puissance de 210 à 230 watts sous un éclairement global de 700 watt/m²;
- un jeu de 17 batteries au plomb d'une capacité totale de 250 ampères-heures.

Au plan économique, cette expérience s'est révélée intéressante à cause de la prolongation de la durée de vie des batteries de stockage de l'électricité, placées entre la source et la charge. Par rapport au système classique où des batteries complètement déchargées sont jetées dans la nature tous les 4 mois, l'investissement consenti, malgré son coût élevé au départ (5,3 millions CFA) s'amortit en moins d'un an et demi !

Un autre projet est en cours où il s'agit cette fois, toujours en collaboration avec l'OPT, d'expérimenter l'utilisation des photopiles solaires dans le domaine des courants porteurs. Pour se rapprocher des situations réelles des courants porteurs, un atténuateur sera prévu qui simulera les affaiblissements qu'auraient subis les signaux électriques sur une artère de grande distance.

b) Test de photopiles solaires en concentration.

Nous venons de commander à l'extérieur de photopiles à concentration que nous sommes entrain de monter pour les tester sur un miroir cylindro-parabolique, orienté axe du monde. L'énergie recueillie alimentera une pompe d'exhaure de petite puissance (250 watts) tandis que l'eau de refroidissement du système pourra être utilisée pour des besoins domestiques.

7.- Energie Solaire de la Biomasse.

En collaboration avec l'Université de Niamey, nous nous proposons d'expérimenter un digesteur méthanogène pour la production d'énergie domestique. La provenance des déchets peut être d'origine animale (bouse de vache) ou végétale, puisqu'aussi bien les résidus de la fermentation sont encore des engrais de qualité.

PROBLEMES DE RECHERCHE.

1.- Recrutement du personnel et formation.

Les réalisations et projets en cours que je viens de

mentionner, sont l'oeuvre d'une équipe assez réduite comprenant :

a) pour les activités scientifiques :

- 5 chercheurs physiciens ou Ingénieurs;
- 4 Techniciens de Laboratoire;
- 4 Ouvriers spécialisés;
- 3 Ingénieurs (VSMA Français), et un Technicien (VSMA).

b) pour les activités administratives :

- 1 chef du Service Administratif et Comptable;
- 1 Comptable;
- 3 Secrétaires.

Avec un effectif aussi restreint, il est compréhensible que la progression des projets en cours soit lente.

C'est dire que nous connaissons, comme tous les Etats de la région les problèmes aigus de besoin en personnel qualifié et en ressources financières. Jusqu'à l'année dernière, les chercheurs étaient recrutés sur la base du volontariat et les conditions matérielles qui leur étaient proposées n'étaient pas aussi favorables que celles de collègues de l'Université. Un projet de statuts du chercheur est à l'étude pour tenter de corriger cette injustice et d'attirer plus de cadres dans le secteur de la Recherche.

En 1979 et 1980, nous avons pu assurer un cours de formation post-universitaire en hélio-technique à Niamey, sous l'égide de l'UNESCO. L'envoi en formation à l'extérieur d'un chercheur et d'un technicien ces deux dernières années ne nous pas permis d'assumer cette fonction de formation qui avait pourtant suscité de l'intérêt dans plusieurs Etats de l'Afrique de l'Ouest et du Maghreb.

Un programme plus rigoureux pour affecter systématiquement à l'ONERSOL, des étudiants qui obtiennent à Niamey leur maîtrise en Sciences Physiques va commencer à résoudre à partir de 1984 ces problèmes de personnel.

2. Problèmes de Recherche, Sources de Financement,

Les difficultés financières constituent le deuxième obstacle à la vitalité de nos activités.

A l'origine, l'ONERSOL a bénéficié de sources de financements extérieurs (FAC, PNUD, Aide Libienne, UNESCO) qui ont permis l'implantation des premiers bureaux et de l'atelier de la Section Recherche ainsi que l'importation des premiers appareils de laboratoires.

De plus, l'effort de participation de l'Etat a été en progression constante de 1960 à 1970 puisqu'il est passé de 34 millions CFA pour atteindre, peut-être, 51 Millions en 1983. Si ces chiffres témoignent de l'intérêt que l'Etat porte à nos activités, il n'en demeure pas moins, que c'est encore insuffisant pour satisfaire les ambitions et couvrir les besoins. La Recherche coûte chère et compte tenu du

niveau technique de certaines de nos réalisations, en cours ou à venir, nous sommes contraints de nous adresser à l'extérieur, notamment aux pouvoirs publics, pour mener à leur fin certains de nos projets.

Nous restons toujours très largement tributaires de l'extérieur pour notre équipement de laboratoire ou de machines d'atelier, aussi bien que pour la matière entrant dans la fabrication de nos produits (tôle, tubes, profilés d'aluminium, verre plat, isolant en laine de verre etc...).

Voici très brièvement évoqués les quelques problèmes que rencontre la recherche naissante en Énergie Solaire au Niger et plus généralement sur notre continent. Les États qui ont tenté les premières expériences les connaissent tous. De là est né le besoin d'unité pour économiser, en les mettant en commun nos modestes ressources. A l'échelon sous-régional Ouest Africain, un Centre Régional Solaire va être construit en 1984 avec siège à BAMAKO (Mali).

Il est entendu que sa fonction sera complémentaire de celle des Centres Nationaux existants, son rôle se focalisant d'une part sur la formation de cadres (Ingénieurs, Techniciens Supérieurs, Ouvriers Spécialisés) et d'autre part sur la création d'une unité de production de système dont le degré de technicité est tel que l'entreprise de leur fabrication ne puisse être raisonnablement envisagée par un État pris isolément.

Nous fondons quant à nous beaucoup d'espoir sur le fait que le dynamisme de la Coopération régionale et du continentale nous permettra de vaincre plus rapidement les obstacles qui freinent les progrès, pourtant nécessaires à notre développement, de la recherche en Énergie Solaire.

Albert WRIGHT
Directeur-Adjoint ONERSOL
Boîte Postale n° 621 NIAMEY (NIGER)

Chapitre V :

QUATRIEME SESSION

ENERGIES RENOUVELABLES,
PROMESSES ET PROBLEMES (2ème partie)

1. Les Fuels d'origine végétale
Par HITIMANA Samuel
2. Possibilité de Culture et d'utilisation des macrophytes
aquatiques comme source d'énergie
Par BISHANGARA Cyprien
3. Essai de rentabilisation de la carbonisation du bois
au Rwanda.
Par MUKAMURENZI Annonciata
4. Expérience sur l'exploitation de la tourbe au Rwanda
Par KAREGA Emile
5. Mise en valeur de la Biomasse pour la production
de l'énergie au Rwanda
Par MUNGARULIRE Joseph
6. Applications de la Conversion Thermique de l'énergie solaire
Par NTAKIRUTINKA Charles
7. Applications de la Conversion Photovoltaïque de l'énergie
solaire
Par BWANAKEYE Jean Baptiste
8. Projets de Microcentrales hydro-électriques au Rwanda
Par SIMBIYOBEWE Gaspard
9. Etat actuel de nos connaissances sur la Géothermie
Par KARANGWA Casimir
10. Systèmes Photosynthétiques artificiels : Conversion
Photochimique de l'énergie solaire
Par MURERAMANZI Silas.

LES FUELS D'ORIGINE VEGETALE

Par Samuel HITIMANA
 Centre de Recherche Appliquée
 et de Formation Permanente (CRAFOP)
 U.N.R. - BUTARE
 B.P. 56, BUTARE - RWANDA

Résumé

Des études sur l'utilisation des rayons du soleil par les plantes vertes pour le stockage de l'énergie solaire sous forme de produits chimiques réduits ont fait l'objet d'une grande activité scientifique durant ces dernières décennies.

Les fuels fossiles utilisés jusqu'aujourd'hui sont tous des produits contenant l'énergie résultant de l'action du soleil sur les plantes vertes anciennes. Ces plantes vécutent, crûrent, moururent et furent enfouie dans le sol. Leur cellulose fut convertie en matériaux fossilisés variés que nous utilisons maintenant. Cette conversion du produit primaire de la fixation de l'énergie solaire en des formes fossiles utilisables prend plusieurs milliers de millions d'années.

En utilisant directement le soleil de la même façon comme source d'énergie et de matériaux, on peut substituer l'énergie du soleil aux fuels et sources de matières premières fossiles qui s'épuiseront nécessairement un jour.

Les plantes à latex sont considérées comme une des variétés végétales qui utilisent cette énergie pour la fabrication des substances chimiques qui pourraient se substituer aux dérivés du pétrole fossile.

Des analyses chimiques ont été faites sur un grand nombre d'autres espèces végétales pour mettre en évidence les sources renouvelables des produits hydrocarbonés photosynthétiques.

I. Introduction

L'augmentation des prix de pétrole suite à l'embargo de 1973 a emmené les chercheurs à s'intéresser particulièrement à la biomasse et aux produits chimiques d'origine végétale. Le professeur Calvin de l'Université de Californie Berkeley, a suggéré que les plantations pétrolières pourraient être capables de suppléer à une partie de nos besoins futurs. (1)

Des études des plantes vertes comme sources renouvelables d'hydrocarbure font l'objet d'une grande activité scientifique dans le monde d'aujourd'hui. Toutes les plantes vertes fixent le CO₂ pour synthétiser des hydrates de carbone, avec l'aide de l'énergie photosynthétique.



Ces plantes vertes stockent donc l'énergie du soleil sous forme d'hydrates de carbone (cellulose ou sucres). Cependant quelques plantes sont capables de stocker l'énergie du soleil sous forme de composés hautement réduits tels que les protéines, les graisses ou les hydrocarbures.

Tout ceci découle du cycle photosynthétique du carbone, au cours duquel la plante verte capte le dioxyde de carbone de l'atmosphère et avec l'aide du soleil sépare l'hydrogène de l'eau pour réduire le dioxyde de carbone en hydrates de carbone. Certaines espèces des plantes peuvent réduire cet hydrate de carbone directement en hydrocarbures. La plante la mieux connue, est l'hévéa, ou l'arbre à caoutchouc, qui appartient à la famille des Euphorbiacées. Beaucoup de recherches sur les composés hydrocarbonés des plantes comme source possible d'énergie et de dérivés pétrochimiques ont été centrées jusque maintenant sur les espèces végétales à latex qui peuvent croître sur des sols semi-arides ou arides. Parmi les familles des plantes qui ont manifesté plus d'intérêt pour cette étude, on peut citer les euphorbiacées, les ascélépidacées, les sapotacées, les moracées et les apocynacées.

Des suggestions ont donc été faites que ces plantes riches en polyisoprène, et bien d'autres composés hydrocarbonés peuvent être cultivées comme des sources renouvelables de produits photosynthétiques hautement réduits.

Des analyses ont été menées sur les plantes entières ou sur les latex des plantes.

Des récentes conversions des extraits hydrocarbonés variés sur les catalyseurs zéolithes ont conduit à l'obtention de fuels, liquides. Des hydrates de carbone ont pu être fermentées en éthanol utilisé actuellement comme carburant de véhicule dans certains pays comme le Brésil.

Parmi les fuels d'origine végétale, on classe aussi les huiles des graines de certaines plantes. Les huiles des graines sont des triglycérides, couramment appelées huiles végétales, trouvés spécialement dans les graines de soja, d'arachides, de coton, de ricin, de tourne-sol, et bien d'autres plantes. Certaines huiles peuvent effectivement être utilisées directement comme carburant dans les moteurs diesel, dans le chauffage ou dans l'éclairage des maisons (2).

Ces huiles ont pu aussi être converties sur les catalyseurs zéolithe ZS M-5 chez Mobil en composés aromatiques BTX, de même que les autres produits hydrocarbonés usuels (3).

Les hydrocarbures et l'alcool obtenus à partir des plantes seront les seuls biofuels sous l'aspect qui serait développés dans cet exposé, les autres huiles végétales sus-mentionnées pouvant servir principalement dans l'alimentation.

II. Les Techniques d'Extraction.

Une des plantes sur lesquelles ont été effectuées plusieurs analyses chimiques particulièrement par le Professeur Calvin est l'Euphorbia Lathyris de la famille des Euphorbiacées. C'est une plante à latex qui atteint 1m 50 de haut à la récolte. Quand l'Euphorbia lathyris est incisée du latex laiteux s'en écoule. Mais son latex ne coule pas continuellement comme c'est le cas de certaines euphorbiacées comme l'Hévéa brasiliensis.

Des analyses ont été faites sur la plante entière et sur le latex.

A. La plante entière

La plante est séchée pour en éliminer l'eau.

Les produits photosynthétiques réduits peuvent être obtenus de la plante sèche par des simples techniques d'extraction au solvant. Des solvants variés peuvent être utilisés pour extraire les différents constituants de la plante.

L'extraction directe à l'heptane donne une fraction hydrocarbonnée d'environ 4-5% du poids de la plante sèche. Cette fraction a un pouvoir calorifique d'environ 41 MJ/kg et est équivalente à la portion soluble dans l'heptane de l'extrait acétonique (4,5). Les deux schémas d'extractions sont exposés ci-après.

Schéma 1 : Extraction à l'acétone de la plante entière d'Euphorbia lathyris (4)

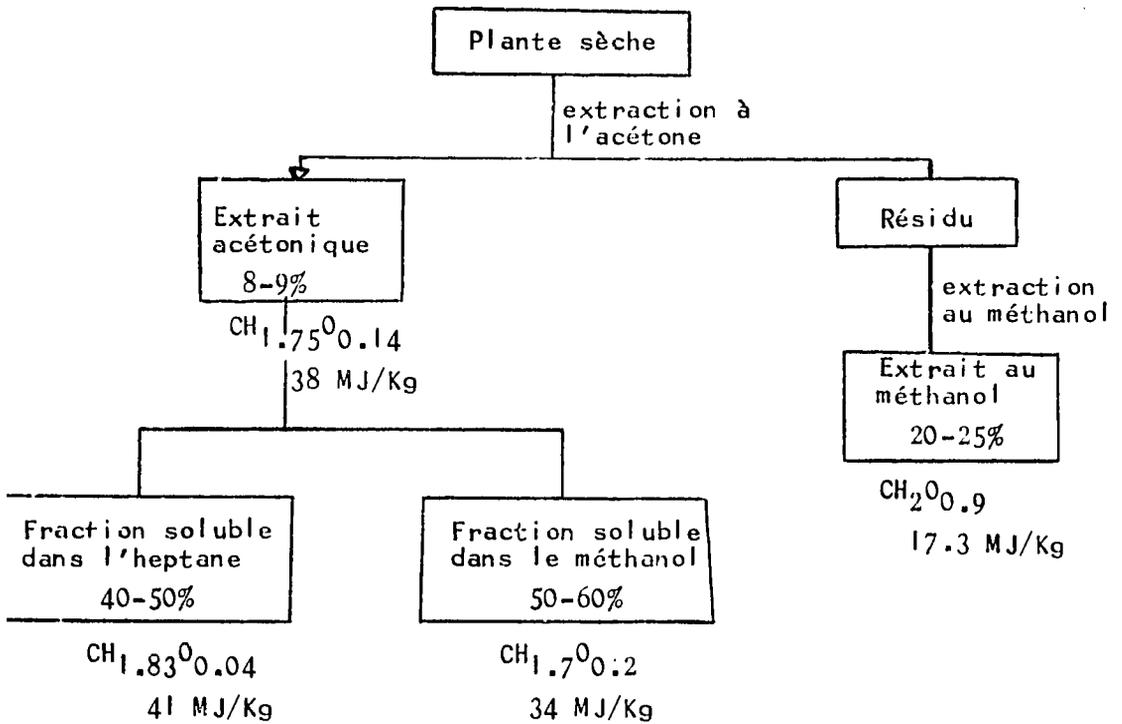
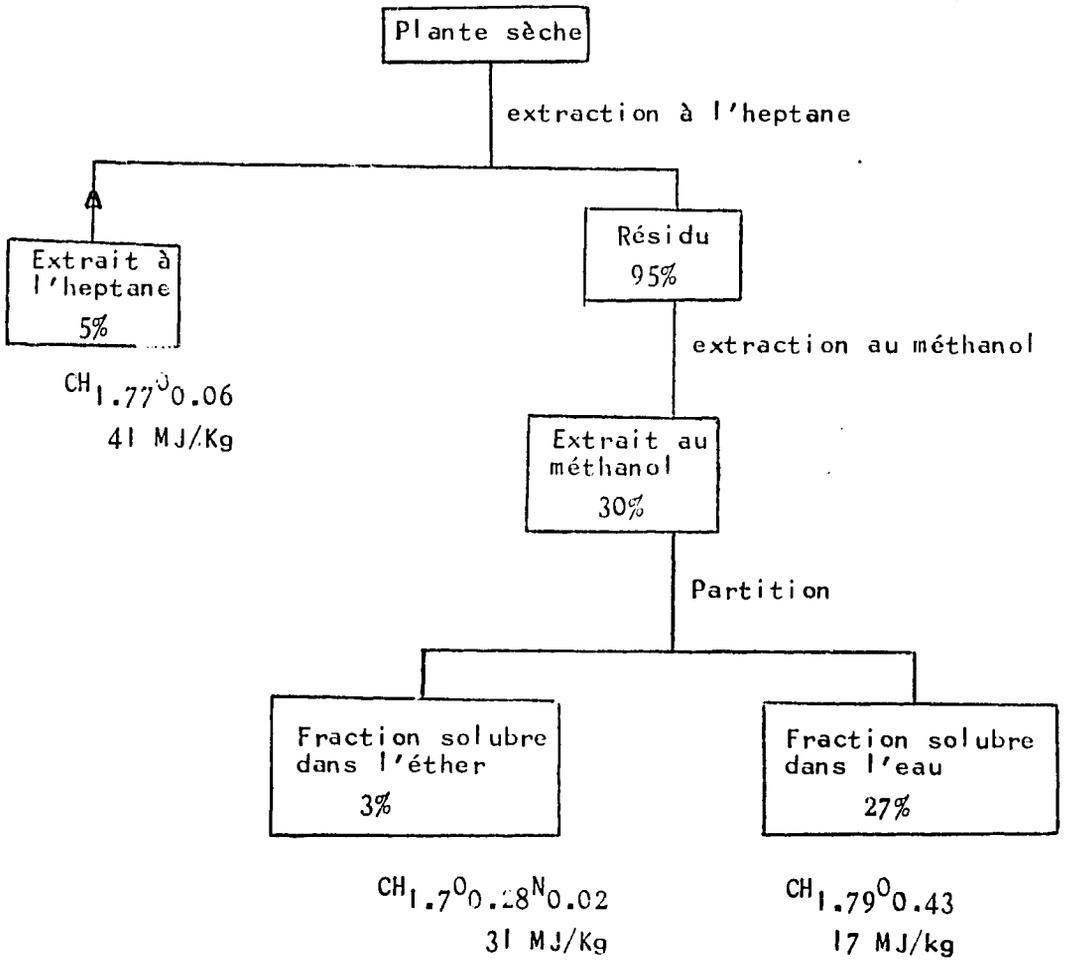


Schéma 2 : Extraction à l'heptane de la plante entière d'euphorbia lathyris (5)



La faible proportion d'oxygène et le pouvoir calorifique élevé de l'extrait à l'heptane indiquent que cet extrait peut constituer une source potentielle de combustible ou de matière premières pétrochimiques.

Les principaux composants de l'extrait à l'heptane sont des tritéroïdes tétra et pentacycliques avec des fonctions alcools, cétones ou acides bien qu'on trouve aussi quelques hydrocarbures à longue chaîne comme le $C_{31}H_{64}$ et le $C_{33}H_{68}$ (6).

Si cet extrait terpenoïdique de l'Euphorbia lathyris devait être utilisé comme fuel liquide conventionnel, des procédés de transformation seraient nécessaires car ces terpènes sont solides à température ordinaire. La conversion de ces composés hydrocarbonés en de fuels liquide a été récemment démontrée par Mobil Research Company. L'extrait acétonique de l'Euphorbia lathyris a été craqué en présence du catalyseur synthétique 25 M-5 de Mobil Research Company. Les produits de craquage obtenus sont présentés dans le tableau suivant : (7)

Les produits de craquage catalytique de l'extrait de l'E. lathyris sur le catalyseur 25 M-5 à 500°C (8).

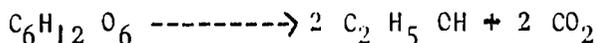
Produit	l	%	l
Ethylène	l	10	l
Propylène	l	10	l
Toluène	l	20	l
Xylène	l	15	l
Benzène	l	8	l
C_5 .. 20 NA	l	21	l
Coke	l	5	l
C_1 .. 4 alcanes	l	10	l
Fuel	l	10	l

NA: Nom Aromatique

Les hydrates de carbone

Le schéma d'extraction montre que 30% de la plante sèche peut être extraite par le méthanol. La formule empirique de l'extrait est indicative des hydrates de carbone. Quatre sucres ont pu être identifiés dans cet extrait : Le secharose, le glucose, le galactose et la fructose. La grande teneur en hydrates de carbone augmente le rendement en fuels liquides de l'Euphorbia lathyris.

Ces sucres peuvent être en effet fermentés et donner de l'éthanol. La conversion d'une molécule de sucre solide (180g) produit 92g d'alcool, avec une faible diminution d'énergie (de 673 Kcal pour le sucre à 655 pour l'éthanol.). (9)



(180g, 673 Kcal) (92g, 655 Kcal)

Avec 25g de l'extrait au méthanol soluble dans l'eau, on obtient 8,4 ml d'éthanol.

Ainsi donc on peut obtenir de l'Euphorbia lathyris non seulement des hydrocarbures mais aussi une quantité importante d'éthanol.

Comme la chaleur calorifique de l'alcool est d'environ 2/3 de celle des hydrocarbures, la grande quantité des sucres dans la plante double d'énergie obtenue sous forme de fuels liquides.

B. Latex de plante

Les latex de plusieurs espèces de plantes et particulièrement des euphorbiacées sont riches en composés hydrocarbonés réduits. Ces composés riches en énergies atteignent 50% du poids du latex sec. L'extraction des latex se fait avec de l'acétone suivi du benzène pour l'extraction du caoutchouc (7,2%) (10).

III. L'utilisation de l'éthanol comme carburant.

Au Brésil, le premier pays producteur de canne à sucre au monde, on a récemment adopté la conversion du sucre de la canne à sucre en alcool comme moyen de résolution d'une partie de leurs problèmes énergétiques.

En 1974 le Brésil produisait 19 millions de tonnes de sucre et 700 millions de litres d'alcool de fermentation à partir de la bagasse. En 1975 le Gouvernement Brésilien décida d'exploiter cette potentialité comme source de fuel et de produits chimiques de base. En 1978, la production d'alcool de fermentation à partir de la canne à sucre atteignait 2.700 millions de litres (6).

Les brésiliens ont réussi à utiliser l'alcool issu de la canne à sucre comme un carburant. Ils ont pu mettre en marche des moteurs avec un mélange de gasoline et d'alcool à 20% sans aucune transformation. La plupart de leurs automobiles roulent avec ce type de carburant. Ils viennent de mettre au point également des automobiles qui roulent avec de l'alcool à 95% et même à 100%. Comme carburant (6).

Ainsi donc les sucres extraits des plante à latex peuvent aussi être fermenté en alcool et être utilisés comme fuel pour les automobiles.

Tableau I : Comparaison des rendements en fuels liquides des différentes plantes (6)

Opération	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*
Maïs éthanol	0,32	0,4	0,123	26,8	3,4	12,3	62,5	115 (3,4t)	0,67
Canne à sucre éthanol	0,2	0,4	0,08	26,8	2,15	74,1	195	813 (24t)	0,82
Canne énergé- tique éthanol	0,08	0,4	0,032	26,8	0,85	112	120	2493 (36t)	1,40
Euphorbia lathyris:									
hydrocar- bures	0,08	0,86	0,069	37	2,5	21	62,5	207 (6,12t)	0,84
Ethanol	0,2	0,4	0,08	26,8	2,15				0,72

1* : Sucre ou hydrocarbure (tonnes/tonne de matière sèche)
 2* : Rendement (efficacité)
 3* : Fuels liquide (tonnes/tonne de matière sèche)
 4* : Pouvoir calorifique du fuel (GJ/t)
 5* : Energie en Fuel liquide (GJ/t) de matière sèche

6* : Matière sèche (t/ha an)
 7* : Besoins en eau (cm de pluie)
 8* : Energie en résidu cellulosique (103 GJ/ha . an)
 9* : Energie en fuel liquide (GJ/ha an. cm de pluie)

Des travaux de recherche semblables à ceux menés sur l'E. Lathyris ont été effectués sur des plantes à latex du Rwanda et les résultats sont parfaitement comparables (11).

Tableau II: Extraits à l'heptane et au méthanol de quelques plantes à latex du Rwanda.

PP	Plante							
Non scienti- fique	Nom kinya- rwanda	% extrait à heptane	Composition élémentaire	Chaleur de combustion MJ/kg	Chaleur de l'extrait au OH	Composition élémentaire	Chaleur de combustion MJ/kg	
<u>Euphorbiacées</u>								
Euphorbia	Umuyenzi	9,7	CH _{1,72} 0,07	41,7	23	CH _{2,0} 0,85	15,8	
tirucalli								
Synadénium	Umukoni							
grantii								
-tiges		10.2	CH _{1,67} 0,1	39.53	16,5	CH _{1,57} 0,57	16.33	
-feuilles		8.8	CH _{1,72} 0,09	40.5	4,3	CH _{1,72} 0,76	20.4	
Euphorbia	Umwumbati							
cotonifolia	lw'ikizungu							
-tiges		3	CH _{1,72} 0,09	40.5	10.4	CH _{2,1} 0,06	15,6	
-feuilles		10	CH _{1,73} 0,06	42.13	16,6	CH _{1,8} 0,65	17.5	
<u>Moracées</u>								
Thévétia								
nerfolia								
-tiges		2	CH _{1,7} 0,1	39.3	17,7	CH _{2,1} 0,9	15	
-feuilles		6.2	CH _{1,7} 0,09	40.24	18.7	CH _{2,2} 0,9	15.15	
<u>Ascélépiadacées</u>								
Sarcostema	Ubuyenzi							
Viminale								
-tiges		4.9	CH _{1,72} 0,09	40.33	9.5	CH _{1,92} 0,78	15.9	
-feuilles		4.2	CH _{1,42} 0,67	38.06	5.8	CH _{1,65} 0,65	18.7	

On voit que les extraits à l'heptane de l'Euphorbie tirucali (Umuyenzi) et du Synadénium granti (Umukoni) sont à peu près doubles de l'extrait l'heptane de l'E. lathyris, avec comparablement des pouvoirs calorifiques élevés.

Il existe bien d'autres plantes telles que les espèces de la famille des Copaiba, qui produisent directement, sans transformation, du fuel qui met en marche des véhicules à moteur diesel. Ces plantes se rencontrent au Brésil et peuvent produire 40 litres d'hydrocarbures par an chacune (8).

IV. Conclusion

L'idée lancée par le Professeur Melvin de l'Université de Berkeley, Californie prix nobel de chimie pour ses travaux sur la photosynthèse, que partant de la photosynthèse on peut obtenir des hydrocarbures substituables à ceux dérivés du pétrole, a déclenché les travaux de nombreux chercheurs de divers pays tels que les U.S.A., le Japon, le Brésil, les Philippines, l'Inde, le Rwanda, etc...

L'exploitation des plantes vertes pour produire des hydrocarbures, et des hydrates de carbone utilisables dans les substitutions des fuels et des matières premières pétrochimiques ne fait plus de doute. Cependant le choix particulier des plantes pour une production à grande échelle doit être effectué minutieusement en tenant compte des conditions du sol et du climat, et devra dépendre de la vitesse de croissance, de la productivité en hydrocarbures et des facilités de récolte. Autrement dit des recherches agronomiques et la sélection des plantes s'imposent pour l'augmentation des rendements en biomasse et en hydrocarbures.

L'existence des espèces végétales au Brésil et dans d'autres régions tropicales produisant du fuel diesel sans aucune autre transformation chimique indique qu'il peut y avoir encore d'autres espèces de plantes sources renouvelables d'énergie.

Avec l'augmentation continue des prix des dérivés du pétrole fossile et de leur disponibilité décroissante, le développement des sources alternatives renouvelables d'énergie est nécessaire.

Le Rwanda étant un pays sans tradition de recherche, sans ressources naturelles conventionnelles connues, le Rwandais devait être déterminé à trouver et à mettre à jour des valeurs potentielles cachées que le contexte économique actuel ne permet pas de percevoir.

La situation du Rwanda est loin d'être analogue à celle des autres pays en développement qui pour la plupart possèdent de grandes ressources naturelles convoitées par les pays avancés. Pour cette raison un travail sérieux et de long haleine s'impose aux intellectuels, et particulièrement aux scientifiques de notre pays. Le climat du Rwanda est favorable à l'accroissement des plantes à latex et à sucre précédemment citées; plus particulièrement les

euphorbiacées dont l'*Euphorbia tirucalli* (Uuyenzi) qui est une plante populaire au Rwanda. Des recherches dans ce cadre doivent donc être poursuivies et encouragées pour la valorisation des ressources de l'environnement naturel rwandais, qui contient une multitude de richesses actuellement inexploitées dont l'énergie d'origine photosynthétique.

Références

1. Calvin, M., Petroleum Plantation for fuel and materials, Bioscience, sept. 1979.
 2. Morgan, R.P., Shutz jr, E.B.; fuels and Chemicals from novel seed oils, Chemical and engineering news, sept 1981.
 3. Haag, W.O., Rodewald P.G., Weisz, P.B. "Catalytic Production of aromatics and olefins from plant materials", Acs Las Vegas meeting, August 1980
 4. Nemethy, E.K., Otvos, J.W., Calvin, M., Analysis of extractables from one Euphorbia, The journal of the american oil chemists society, vol. 56, No 12, 1979.
 5. Nemethy, E.K., Otvos, J.W., and M. Calvin: Hydrocarbone from Euphorbia lathyria pure & Applied chem. vol 53, 1981.
 6. Calvin, M., Nemethy E.K.; Redenbaugh, K, and Otvos, J.W., Plants as a direct source of fuel, Experientia (38), 1982.
 7. Nemethy, E.K. Otvos, J.W. and M. Calvin: Natural production of high energy liquid fuels from plants; fuels from biomass and wastes, 1981.
 8. Calvin M., Hydrocarbons from plants : analytical methods and observations, Naturwissens chagten, 67, 1980.
 9. Calvin M., Petroleum plantations and synthetic chloroplasts, Energy, vol 4, 1979.
 10. Calvin, m., E.K. Nemethy, Otvos, J.W. Bassham J.A., Redenbaugh K., Hydrocarbons and energy from plants, annuel report, 1981.
 11. P.C. Karenzi, E.K. Nemethy, J.W. Otvos and M. Calvin, latex producing plants from Rwanda, to be publisered in Economic Botany, January 1982.
-

284

POSSIBILITES DE CULTURE ET D'UTILISATION DES MACROPHYTES AQUATIQUES COMME SOURCE D'ENERGIE.

Par Cyprien BISHANGARA
Secrétaire de la Faculté des Sciences
U.N.R. - BUTARE
B.P. 117, BUTARE - RWANDA

Résumé:

Jusqu'à la crise du pétrole, beaucoup de personnes ne pensaient pas aux énergies nouvelles et renouvelables. C'est avec la crise que des nouvelles recherches en énergie furent orientées en d'autres secteurs que le pétrole, notamment dans le domaine de la biomasse. A ce moment dans beaucoup de pays les plantes aquatiques étaient considérées uniquement comme des mauvaises herbes dont il fallait lutter contre.

C'est ainsi que les Etats-Unis ont dépensé des millions de dollars pour supprimer la Jacinthe d'eau (*Eichhornia Crassipes* (MART.) SOLMS), mais sans succès. Le symposium sur l'*Eichhornia Crassipes* à Léopoldville, actuel Kinshasa en 1957 avait le même but. On peut citer d'autres pays où cette lutte contre les plantes aquatiques a été organisée mais toujours sans succès. Ce n'est que récemment que quelques chercheurs comme BOYD C.E. WOLVERTON B.C., les techniciens de la NASA...ont orienté leurs recherches dans le sens de la mise en valeur de certaines propriétés de ces plantes. Les travaux qu'ils ont effectués ont bien montré qu'on peut largement tirer profit de ces plantes aquatiques.

Dans notre exposé, nous insisterons particulièrement sur:

- les buts poursuivis lors de la culture des espèces végétales;
 - l'intérêt de cultiver dans l'eau, notamment en Afrique;
 - la biomasse et la productivité des espèces aquatiques;
 - utilisation de ces plantes comme source d'énergie;
 - les autres utilisations possibles;
 - les possibilités de culture et d'utilisation de ces plantes au Rwanda.
-

Introduction.

Jusqu'à la crise du pétrole, la recherche sur les énergies nouvelles et renouvelables n'attirait pas l'attention de beaucoup de scientifiques.

C'est avec cette crise que la recherche sur ces types d'énergie s'est accentuée notamment dans le domaine de l'énergie solaire et de la biomasse.

A ce moment dans beaucoup de pays les plantes aquatiques étaient considérées uniquement comme des mauvaises herbes à cause de leurs nuisances. Ces plantes peuvent en effet entraver la navigation sur les cours d'eau, accroître l'évaporation des nappes d'eau par la transpiration, contrecarrer la pêche et la pisciculture, bloquer les installations de pompage et les canaux d'irrigation. En obstruant les rivières, elles s'opposent à l'écoulement des eaux et deviennent ainsi la cause d'inondations. Elles peuvent accroître les risques de transmission de certaines maladies telle que la schistosomiase ayant pour vecteurs des gastéropodes aquatiques accrochés sur les racines flottantes des plantes aquatiques. Elles peuvent également servir d'abri pour la reproduction des moustiques. Ces dangers sont plus aigus dans les pays tropicaux où les conditions du milieu favorisent facilement la prolifération de ces plantes. C'est suite à ces multiples nuisances que beaucoup de pays depuis près de 100 ans ont organisé des luttes acharnées contre ces plantes aquatiques. Nous pouvons citer les Etats-Unis qui ont longtemps cherché à supprimer la Jacinthe d'eau (*Eichornia Crassipes* (MART) SOLMS) mais sans succès. Le Symposium sur l'*Eichornia Crassipes* à Léopoldville, actuel KINSHASA, en 1957 avait le même but.

Depuis quelques années, certains chercheurs et notamment des techniciens de la NASA (National Aeronautics and Space Administration) cherchent non plus à détruire ces plantes mais à mettre en valeur certaines de leurs propriétés pour en tirer profit.

Aujourd'hui les macrophytes aquatiques ne sont plus considérés uniquement comme des plantes nuisibles mais aussi comme des hydrophytes d'avenir pouvant aider à résoudre certains problèmes d'énergie, d'alimentation, d'engrais, etc... Comme nous verrons cela en détail dans la suite, il est opportun de dresser ici les points qui retiendront notre attention au cours de notre exposé, à savoir:

- les buts poursuivis lors de la culture des espèces végétales;
- l'intérêt de cultiver dans l'eau notamment en Afrique;
- la biomasse et la productivité des espèces aquatiques;
- l'utilisation des plantes aquatiques comme source d'énergie;
- les autres utilisations possibles;
- les possibilités de culture et d'utilisation de ces plantes au Rwanda.

1. Buts poursuivis lors de la culture des espèces végétales.

Ces buts peuvent se classer sous quatre rubriques principales.

- 1°. Produire un maximum de matière sèche sans pratiquement se soucier de sa qualité; c'est une des voies de l'utilisation de la biomasse à des fins énergétiques, par combustion, méchanisation ou hydrolyse et fermentation.
Il n'y a guère plus de cent cinquante ans que l'homme utilise directement ou indirectement d'autres ressources énergétiques que la biomasse végétale.
- 2°. Produire en grande quantité des molécules d'intérêt agro-industriel. C'est le but visé par l'agriculture.
- 3°. Produire des molécules d'intérêt pharmaceutique ou parfois autre comme la parfumerie. Ces molécules sont souvent en faible quantité dans la plante, mais leur exploitation reste intéressante car elles agissent à des faibles doses.
- 4°. Rôles divers:
 - Épuration (plantes capables d'absorber les éléments polluants)
 - Agrément (plantes ornementales)
 - Agro-forestier (protection et amélioration du sol, bois de menuiserie etc...)

Ces rubriques ne sont pas exclusives et certaines plantes peuvent simultanément répondre à plusieurs de ces aspects.

Nous savons par ailleurs que la croissance et le développement des végétaux exigent un certain concert de différents facteurs du milieu qui les influencent et les contrôlent. Ces facteurs sont essentiellement la lumière, la température, l'eau et le gaz carbonique, l'oxygène et les éléments minéraux indispensables. La connaissance de ces facteurs permet de dégager l'intérêt de cultiver dans l'eau.

2. L'intérêt de cultiver dans l'eau notamment en Afrique.

L'intérêt du milieu aquatique réside dans l'élimination de la contrainte hydrique, à condition toutefois que les parties émergées du végétal soient capables de s'oxygéner convenablement. Contrairement aux végétaux terrestres dont le fonctionnement physiologique des racines ne résiste pas au manque prolongé d'oxygène, les végétaux aquatiques disposent d'adaptation plus ou moins efficaces pour résoudre ce problème. La contrainte hydrique n'est plus un facteur limitant pour les espèces aquatiques comme

l'est souvent pour les espèces terrestres. Les végétaux aquatiques constituent en plus une culture gratuite ne demandant ni labours ni semences ni engrais ni autres entretiens coûteux. En outre ils ne concurrencent pas les végétaux terrestres et sont disponibles toute l'année.

En Afrique, les plantes aquatiques seraient une culture supplémentaire d'intérêt non négligeable et pouvant être disponible toute l'année, même pendant la période de sécheresse. On peut donc convenir que dans les conditions hydro-climatiques favorables avec une meilleure interception de la lumière, certaines espèces aquatiques sont susceptibles d'avoir une forte productivité. La connaissance approfondie de la biologie des espèces aquatiques et des conditions de milieu qui leur sont favorables devrait permettre de choisir les espèces susceptibles d'être les plus productives.

3. Biomasse et productivité des espèces aquatiques.

Les espèces susceptibles d'avoir une assez forte productivité sont notamment la massette (Typha), le roseau (Phragmites) la lentille d'eau (Lemma), la laitue d'eau (Pistia), etc... Concernant la production de la biomasse, une espèce la plus prolifique, appelée pour cela la peste aquatique, et pour la nommer "la Jacinthe d'eau" *Eichhornia crassipes* (MART.) SOLMS a retenu l'attention de plusieurs chercheurs. Plante strictement d'eau douce, originaire d'Amérique tropicale, la Jacinthe d'eau a été introduite par l'homme depuis la fin du 19^e siècle dans la plupart des pays à climat tropical et tempéré chaud. Elle a été observée en Afrique sur le fleuve Zaire (ancien fleuve Congo) en 1954 et on pense que son introduction daterait de 1950-51.

Lorsque les conditions sont favorables, sa croissance et sa multiplication rapides conduisent à une production de biomasse assez élevée dans un temps relativement court. En deux ou trois jours, la plante émet une nouvelle feuille, et une touffe voit son poids frais augmenter de 10% par jour. Le nombre d'individus double en 12 à 15 jours; 10 individus peuvent former théoriquement une population de 655.000 en 8 mois (PENFOUND & EARLE, 1948).

Selon WOLVERTON B.C. et Mc DONALD (1979) dans le MISSISSIPPI le nombre de plantes double en 9 à 10 jours pour les jacinthes cultivées sur les eaux d'égoûts domestiques au mois de Mai-Juin. Ces estimations de biomasse produite ramenées en tonnes par hectare par an donnent une productivité de 150 tonnes de matière sèche/ha/an.

Cette productivité de 150 t/ha/an a été également mentionnée par WESTLAKE (1963) dans le cas où on améliorerait des techniques de culture faisant croître les plantes à la vitesse observée seulement pendant certaines périodes du cycle saisonnier. Sinon la productivité moyenne dans les conditions naturelles se situerait à 33 t/ha/an selon le même auteur.

Il faut donc retenir qu'à l'exemple de la Jacinthe d'eau, la

productivité des plantes aquatiques est variable et pourrait atteindre des valeurs élevées là où les conditions de milieu sont les plus favorables.

4. Utilisation des plantes aquatiques comme source d'énergie

La différence importante qui existe entre les végétaux terrestres et aquatiques est la forte teneur en eau de ces derniers. Cette eau est un facteur favorable pour la fermentation de ces végétaux. C'est pour cela que pour récupérer l'énergie qu'ils contiennent, la voie de fermentation méthanique est la mieux indiquée. Ils produisent alors dans ce cas un mélange de gaz contenant du méthane.

La NASA (National Aeronautics and Space Administration) dans un de ses laboratoires de l'Etat du Mississippi étudie la possibilité de tirer du méthane des plantes aquatiques, notamment de la Jacinthe d'eau par fermentation. La fermentation anaérobie de la Jacinthe d'eau peut produire un mélange gazeux contenant environ 60% de méthane (WOLVERTON - 1979). La production de biogaz est de 350 à 411 litres par kg de matières sèches. Pour une production annuelle de 150 t/ha, on obtiendrait ainsi 58.400 m³ de biogaz contenant 35.100 m³ de méthane.

5. Les autres utilisations possibles

Sans se limiter à l'utilisation énergétique, les plantes aquatiques peuvent être utilisées à d'autres fins notamment pour l'alimentation, humaine ou animale, compost et pailis, traitement des eaux usées, papier, fibres, etc.

- Alimentation humaine ou animale

Certaines plantes aquatiques sont riches en protéines et on peut en profiter. A titre d'exemple, citons le Pistia stratiotes qui contient 24% de protéines (de la matière sèche) et la Jacinthe d'eau qui en contient 26%. Au niveau des feuilles ces teneurs en protéines brutes sont plus élevées (35% environ). Elles contiennent des acides aminés essentiels en quantité importante. C'est pour cela que certains scientifiques proposent l'utilisation de ces plantes à des fins alimentaires, surtout dans les pays en développement.

Des essais menés sur le bétail en Inde, en Chine et aux U.S.A. sont positifs. Au Soudan, la Jacinthe d'eau sert de matière verte donnée au bétail pendant la saison sèche. La carpe commune chinoise, le Tilapia et les autres vertébrés ou invertébrés aquatiques sont pour la plupart herbivores. Il est donc utile de cultiver dans les étangs où ils se trouvent des espèces végétales appropriées.

- Compost et pailis

Dans beaucoup de pays en développement les engrais font sévèrement défaut; et pourtant nombreuses sont les plantes aquatiques

contenant en quantité appréciable de l'azote, du phosphore, du potassium et d'autres éléments fertilisants. On peut employer le compost de ces plantes dans l'amendement des sols. En quelques occasions, on peut les utiliser comme paillis pour préserver l'humidité de certains sols.

- Traitement des eaux usées

Les composés azotés et phosphorés sont les polluants les plus courants des cours d'eau. Certaines plantes aquatiques sont capables de les extraire de l'eau et de les assimiler, déposant ainsi les eaux sur lesquelles elles poussent. Il faut également noter que ces éléments sont les composés principaux des engrais; ce qui permet de comprendre mieux pourquoi ces plantes aquatiques constitueraient un compost riche en éléments fertilisants. Bien que nos villes n'accusent pas encore une pollution exagérée, il faut déjà penser à l'épuration des eaux usées d'origine urbaine, industrielle ou provenant des fermes. Une des solutions, c'est y faire pousser ces plantes aquatiques capables d'extraire et d'assimiler les éléments polluants.

- Papier et fibres

Si le Rwanda recourt actuellement au papyrus pour la fabrication de carton et bientôt du papier fin ce n'est pas une innovation scientifique mais une application des vieilles méthodes abandonnées dans beaucoup de pays au profit de l'industrie moderne. Autrement, le papyrus est l'ancêtre du papier. Il existe d'autres plantes aquatiques fibreuses ressemblant à des roseaux qui donnent du papier; la Roumanie en exploite.

ROBYNS (1955) parle de la fabrication des toiles à partir des fibres de pétioles de la Jacinthe d'eau. Ces pétioles ont également servi dans la fabrication du papier (PIETERSE, 1978).

Pour terminer ce point sur les utilisations possibles des plantes aquatiques, nous aimerions signaler que les usages non repris ici ne sont pas pour autant négligeables. Nous n'ignorons pas le rôle joué par certaines plantes aquatiques dans la vannerie, la sparterie, la fabrication de chaume pour les toits, les meubles, etc.

6. Possibilités de culture et d'utilisation de plantes aquatiques au RWANDA

Le Rwanda peut déjà se féliciter de l'existence d'une pisciculture relativement viable mais la nourriture des poissons devrait attirer encore plus d'attention. Comme la pisciculture artisanale ne peut guère se payer facilement les aliments très riches en matières nutritives pour leurs poissons, il serait intéressant de pouvoir associer la pisciculture et la culture des plantes aquatiques riches en éléments nutritifs. Ce point nécessite encore des études plus poussées pour trouver

des espèces végétales intéressantes et les poissons herbivores pouvant s'en nourrir.

En valorisant les marais, les plantes marécageuses pourraient être récoltées et utilisées pour produire du gaz ou utilisées à d'autres fins. Certains cours d'eau devraient servir de lieu de culture des espèces aquatiques de valeur reconnue, tout en prenant le soin d'éviter les inondations.

CONCLUSION

Après ce bref exposé où les avantages qu'offrent le milieu équatique et les plantes qui y poussent sont esquissés nous osons espérer que des recherches plus poussées vont être orientées dans ce secteur pour rentabiliser les eaux de notre pays. Maintenant que nous assistons à une réduction des terres cultivables il est bien normal de chercher à exploiter d'autres milieux, notamment l'eau pour augmenter la production. L'inventaire des espèces aquatiques pouvant intéresser l'aquaculture est à faire ainsi qu'une étude biochimique de leur composition. Même si l'exposé se limite aux macrophytes, il faudrait tenir compte dans la suite de la productivité potentielle des végétaux aquatiques inférieurs. Il faudrait également rassembler les données technologiques et économiques pour une valorisation de la biomasse aquatique.

Par exemple il serait intéressant de procéder à des expérimentations sur les milieux riches tels que les lagunes d'épuration à l'aide des plantes indigènes aux caractéristiques valables et comparer la biomasse produite à celle obtenue dans le milieu naturel. Il paraît nécessaire de déterminer par la suite les moyens technologiques indispensables à la création de petites unités traitant localement la biomasse produite. Des propositions concrètes pourraient être faites ultérieurement concernant en particulier la fermentation méthanique, la fertilisation des sols, l'alimentation humaine ou animale, épuration des eaux etc.

Lorsque ces plantes seront utilisées rationnellement, les nuisances pour l'environnement souvent rencontrées se verront supprimées, sinon diminuées.

211

ESSAI DE RENTABILISATION DE LA CARBONISATION DU BOIS AU RWANDA

Par MIKAMURENZI Annonciata
H.N.R. - C.E.A.E.R.

Résumé

Un prototype de four utilisant la méthode à chauffage externe pour la carbonisation du bois a été conduit et expérimenté au C.E.A.E.R. Sa capacité est de 450 à 500 Kg. de bois. Cette méthode s'est révélée avantageuse par rapport à la méthode traditionnelle utilisée jusqu'à date par les charbonniers Rwandais.

Il est présenté:

- Les techniques de carbonisation du bois
- La construction et le fonctionnement du prototype
- Les résultats expérimentaux obtenus
- Les avantages économiques et écologiques de la méthode
- La poursuite des travaux de recherche en ce qui a trait aux coûts, à la carbonisation continue, à la rentabilisation des sous-produits de la carbonisation et à la vulgarisation.

1. Introduction

Le Rwanda est pauvre en bois, d'après les statistiques et les divers rapports sur les boisements (1) (2) (3) (4), actuellement la demande annuelle est estimée à 5,6 millions de m³ de bois alors que la production est aujourd'hui inférieure à 1 million de m³ de bois.

Pour combler ce déficit, la population se met à défricher les forêts et les savanes.

Au rythme où le bois est consommé, le pays s'en va vers une désertification, ce qui a des répercussions énormes sur le climat, l'écologie et l'environnement en général.

Les solutions souvent proposées à ce problème de bois sont: l'utilisation d'autres sources d'énergie comme la tourbe, le gaz méthane du lac Kivu, le biogaz, le reboisement, l'utilisation de cuisinières améliorées et un autre aspect du problème souvent négligé, l'amélioration de la fabrication du charbon.

Il est fréquent surtout dans les villes, par commodités et facilités de transport, que l'on utilise le charbon de bois pour les besoins de chauffage.

La fabrication du charbon de bois est une des grandes causes de la désertification: l'épuisement de la forêt du Rugesera suscite beau-

coup de craintes pour les habitants de Kigali et aussi pour les écologistes (5).

La seule méthode utilisée jusqu'à date par les charbonniers rwandais pour fabriquer le charbon de bois est une méthode très ancienne des fours en terre. Les rendements en poids du charbon de ce type de four sont très faibles (5 à 15%). Pourtant le charbon de bois présente plusieurs avantages, ce qui fait que son utilisation se répand de plus en plus.

- i) le charbon brûle sans fumées et avec un feu ardent
- ii) le charbon est plus facile à transporter et à commercialiser
- iii) la combustion du charbon se fait sur une braserie facile à utiliser et à transporter.

Notre contribution dans ce domaine consiste à améliorer le rendement lors de la fabrication du charbon de bois.

II. Techniques de carbonisation du bois

Quand le bois est suffisamment chauffé en présence d'air, il s'enflamme en laissant des cendres comme résidu. En absence de l'air, si le bois est chauffé à environ 270°C, les matières volatiles sont libérées en laissant un résidu solide: le charbon. Ce processus est appelé distillation destructive.

Les produits importants de la distillation du bois sont le charbon (10 à 45%), les goudrons, éthanol, diverses aldéhydes et amines, de l'ammoniac, etc.

Dans les goudrons on peut extraire des huiles légères dans lesquelles on peut isoler divers phénols et des huiles lourdes utilisées surtout pour la production de créosote.

Les rendements en ces divers produits dépendent du type de bois, des procédés de carbonisation, du temps et de la température de carbonisation, etc.

On distingue principalement 2 procédés de carbonisation différents par le mode de chauffage:

- l'un utilise un chauffage interne
- l'autre utilise un chauffage externe

Dans les fours à chauffage interne (1) (9) (10) (11) (12), l'énergie nécessaire pour les réactions de carbonisation est fournie par la combustion d'une partie du bois destiné à fournir du charbon. Le four utilisant le chauffage le plus élémentaire est celui qui est construit en terre (earth kiln). D'autres fours construits en matériaux plus ou moins durables, utilisant le même procédé, ont été construits et expérimentés:

- le four KATUGO (Uganda)
- le four MISSOURI
- les fours en métal transportables, etc.

Les principaux désavantages des fours à chauffage

interne sont:

- i) les rendements en charbon sont bas et la qualité du charbon (pouvoir calorifique) est difficile à contrôler du fait que le processus de carbonisation (température, temps, ...) sont aussi difficiles à contrôler.
- ii) Il n'est pas possible de récupérer les sous-produits de la carbonisation.
- iii) Une partie du bois est brûlée comme source d'énergie pour les réactions de carbonisation.

Dans les fours à chauffage externe, l'énergie nécessaire pour les réactions de carbonisation est fournie de l'extérieur, le bois destiné à fournir du charbon étant enfermé dans une chambre close.

Les rendements dans les fours à chauffage externe sont de l'ordre de 25 à 45% et la récupération des sous-produits est possible.

Les différents procédés de chauffage externe se différencient surtout dans la façon de minimiser le chauffage externe et dans la récupération des sous-produits.

Dans les pays industrialisés, il s'agit d'installations perfectionnées et automatiques. Ainsi les procédés LURGI, REICHERT, STAFFORD, LAMBIOTE, etc. (9) sont assez connus pour la carbonisation du bois. Dans les pays du Tiers-Monde, Kenya (47), Indonésie (48), Ghana (49) (50), avec des matériaux disponibles, on rencontre des fours de distillation de différentes sortes pour la carbonisation des déchets d'agriculture et des forêts. Ces déchets sont d'abord carbonisés et la poudre de charbon obtenue et ensuite briquetée.

Pour nos essais de carbonisation du bois, nous avons adopté la méthode à chauffage externe.

III. Prototype de four à chauffage externe et méthode traditionnelle

Un prototype de four utilisant la méthode à chauffage externe pour la carbonisation du bois a été construit et expérimenté au CEAER.

3.1) Construction

Notre four pilote comporte 4 parties principales:

- 1) une chambre de carbonisation
- 2) l'isolation thermique
- 3) la chambre de combustion (foyer)
- 4) le système de condensation

La chambre de carbonisation

Elle est de forme parallélépipédique. Elle est construite en tôle en acier de 2 mm d'épaisseur. Elle peut contenir de 450 à 500 kg. de bois séché au soleil. Un des côtés de la chambre est munie d'une porte en acier de 3 mm d'épaisseur. La chambre et la porte sont fabriquées de façon à ce que l'une rentre dans l'autre par un système de labyrinthes. La fermeture est assurée par des boulons de 20 mm de diamètre.

L'isolation thermique

- Il est constitué de deux sortes de murs:
- les murs intérieurs verticaux de 30 cm d'épaisseur
 - le mur extérieur de 30 cm d'épaisseur également et qui a la forme d'une voûte.

Les fondations sont en béton armé et les parties inférieures de la voûte sont maçonnées en briques cuites avec mortier de ciment, pour assurer sa solidité.

La partie supérieure de la voûte et les murs intérieurs, qui seront en contact direct avec le feu, sont construits en briques réfractaires avec mortier d'argile. L'espace entre les murs intérieurs et la voûte est rempli de briques écrasées constituant l'isolant.

La chambre de combustion (foyer)

Elle est creusée dans la terre. La chambre de carbonisation est déposée sur des cubes maçonnés en briques avec mortier d'argile. Ces cubes sont disposés autour du trou constituant le foyer. La chambre de carbonisation est déposée symétriquement au-dessus du foyer, en laissant un espace de 10 cm de large entre celle-ci et les murs intérieurs. Les fumées provenant du foyer peuvent circuler librement autour de la chambre de carbonisation avant de sortir par la cheminée. Ceci a comme résultat l'uniformisation de la température à l'intérieur du four.

Le système de condensation

Deux tuyaux galvanisés de 1 pouce chacun, raccordés par le dessus de la chambre de carbonisation, collectent les sous-produits. Ils conduisent d'abord aux condenseurs en étoile de 60 litres chacun où la grande majorité des liquides et goudrons sont condensés. On a ensuite deux contenants métalliques de 20 litres chacun et un condenseur à ailette.

Les gaz qui ne peuvent pas être condensés sortent au bout du condenseur à ailette et sont brûlés.

Les températures à la sortie du condenseur à ailette oscillent entre 45^o et 75^oC.

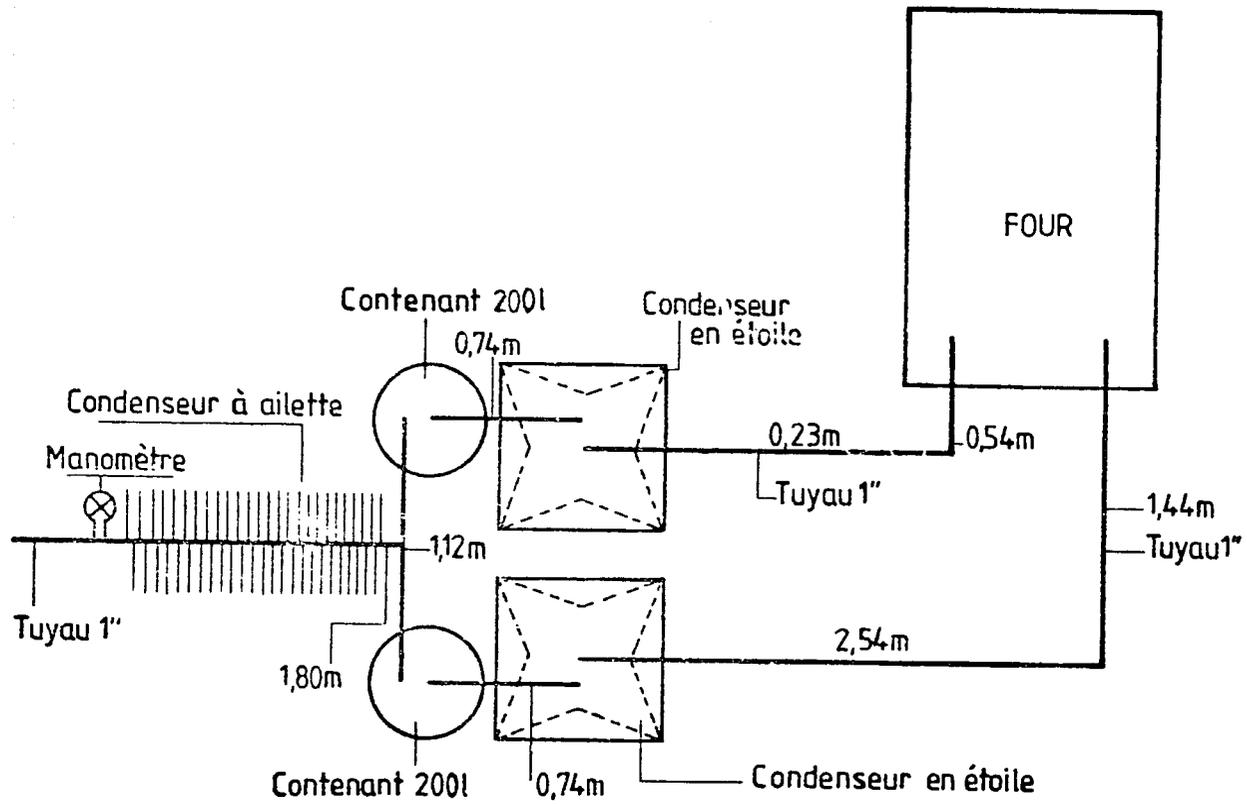


Fig1: Système de Condensation

3.2) Fonctionnement

Le bois vert est décortiqué puis fendu dans le sens de la longueur de façon à avoir des tronçons ne dépassant pas 12 cm de diamètre.

Il est séché au soleil pendant au moins 4 semaines.

Après le chargement du four, on ferme la chambre avec la porte et à l'aide de boulon et on l'isole avec un mur de blocs de terre de façon à pouvoir démolir facilement ce mur après la carbonisation.

On chauffe le four en brûlant du bois dans le foyer. Le bois commence par se débarrasser de son humidité, la température monte graduellement et quand elle atteint le seuil thermique du bois, vers 270°C, la quantité de matières volatiles augmente brusquement et les gaz non-condensables de cette période sont facilement inflammables. A partir de ce moment, on n'a plus besoin d'introduire du bois, dans le foyer, les réactions de décomposition du bois étant exothermiques (≈ 210 cal/kg de bois). Quand il n'y a plus de dégagement de matières volatiles c'est-à-dire que la carbonisation est terminée. Les goudrons et les liquides condensés sont recueillis et mesurés en poids et volume.

Les principaux résultats obtenus sont condensés sur le tableau n° 1.

Charbon	1)	Poids bois eucalyptus à carboniser (kg) ;	2)	Humidité % ;
	3)	Poids bois de chauffe (kg) ;	4)	Poids charbon (kg) ;
	5)	% charbon sur poids de bois séché au soleil "inférieur" ;		
	6)	% charbon sur poids de bois séché au soleil "Supérieur" ;		
	7)	Matières volatiles (%) ;	8)	Pouvoir calorifique ;
	9)	Rendement énergétique "inférieur" (%) ;		
	10)	Rendement énergétique "supérieur" (%) ;		
	11)	Quantité de distillation totale	-a-	(l)
			-b-	(kg)
			-c-	% du poids de bois séché au soleil
	sous-produits	12)	Quantité de goudrons non-solubles	-a-
			-b-	% du poids de bois séché au soleil
13)		Quantité de gaz non-condensables	-a-	(kg)
			-b-	(m ³)
			-c-	m ³ /100 kg bois
			-d-	% du poids de bois séché au soleil
14)		T° max atteinte (°C) ;	15)	Durée de la carbonisation
16)		Durée de l'inflammation des gaz	17)	

3.3. Résultats de la méthode à chauffage externe

No Expérience		1	2	3	4	Moyenne	
Charbon sous-produits	1	435	460	450	450		
	2	11,0	10,1	20,1	19,8		
	3	105	91	155	150		
	4	150	157	142	148		
	5	27,8	28,5	23,5	24,8	26,2	
	6	29,7	30,9	-	-	30,3	
	7	15,1	13,8	14,1	14,9	14,5	
	8	7.900	8.000	7.900	7.800	7900	
	9	42,2	43,9	35,7	36,8	39,7	
	10	45,1	47,6	-	-	46,1	
	11	a	112	99	-	-	
		b	116	102	-	-	
		c	26,7	22,2	-	-	
	12	a	26	21	-	-	
		b	6	4,6	-	-	5,3
	13	a	151	183	-	-	
b		102	123,6	-	-		
c		23,4	26,9	-	-	25,1	
d		34,8	39,7	-	-		
14		453	587	568	547		
15		17h30'	13h	19h	18h30'		
16		11h	9h	7h40'	7h		

Tableau no 1 : Résultats de la carbonisation utilisant la méthode à chauffage externe.

Remarques concernant le tableau no 1

- Les rendements en poids du charbon "inférieur" et les rendements énergétiques "inférieur" sont calculés sur base du poids total (poids de bois à carboniser + poids de bois de chauffage).
- Les rendements "supérieur" se distinguent des premiers en ce qu'on considère que les gaz produits peuvent être utilisés pour les besoins de chauffage et contribuer ainsi à diminuer la quantité de bois de chauffage.
Connaissant le pouvoir calorifique ($\approx 1.800 \text{Kcal/kg}$) et le

volume des gaz produits, par expérience, nous avons d'abord calculé l'énergie contenue dans ces gaz et ensuite nous avons calculé leur équivalent en bois d'eucalyptus, le pouvoir calorifique (5.200 kcal/kg) du bois d'eucalyptus ayant été déterminé par calorimétrie.

- Les pourcentages "supérieurs" nous semblent les plus indiqués et seront utilisés dans la suite pour faire des comparaisons avec la méthode traditionnelle.

3.4. Résultats de la méthode traditionnelle

Dans le but de faire une comparaison avec notre prototype, des expériences de carbonisation du bois eucalyptus ont été effectuées, en utilisant la méthode des fours en terre.

No	Expérience	1	2	3	Moyenne
	Poids bois eucalyptus (kg)	530	589	1.783	
	Humidité (%)	23,5	22,8	36,0	
charbon	Poids charbon (kg)	71,6	103,0	268,2	
	% charbon sur poids de bois séché au soleil	13,5	17,5	15,0	15,3
	Matières volatiles (%)	25,1	20,1	21,4	22,2
	Pouvoir calorifique (kcal + 200)	7.000	7.400	7.200	7.200
	Rendement énergétique (%)	18,4	25,0	20,9	21,4
	Durée de la carbonisation	3 jours	4 jours	10 jours	

Tableau 2: Résultats de la carbonisation du bois, utilisant la méthode traditionnelle

3.5. Conclusion

Les tableaux no 1 et no 2 montrent clairement les avantages de la méthode à chauffage externe (ch. E.) par rapport à la méthode traditionnelle (M.T.).

1. le rendement en charbon est doublé:
30,3% en poids pour ch. E et
15,3% en poids pour M.T.
2. le rendement en énergie est un peu plus que le double:
46,4% pour CH. E. et 21,4% pour M.T.
3. le pouvoir calorifique du charbon est plus élevé: 7.900 kcal/kg par rapport à 7.200 kcal/kg pour M.T.

4. le temps de la carbonisation est réduit:
13 à 19 heures seulement pour ch. E contre
3 à 4 jours pour M.T., pour à peu près 1 stère de bois.
5. pour la méthode à chauffage externe, des sous-produits de la carbonisation ont été recueillis:
5,3% en poids de goudrons
25 m³ de gaz/100 kg de bois et des liquides
6. la méthode à chauffage externe peut s'appliquer à plusieurs sortes de combustibles: tourbe, sciure de bois, écorces de café, déchets de bois, etc.

IV. Avantages économiques et écologiques

L'utilisation de la méthode à chauffage externe fait doubler le rendement en charbon de bois par rapport à la méthode traditionnelle. Si cette méthode était pratiquée exclusivement, l'épuisement du bois destiné à la fabrication du charbon de bois serait deux fois retardé.

Les goudrons recueillis peuvent être utilisés directement pour la protection contre la rouille sur les métaux, contre les insectes sur les installations en bois ou autres matériaux facilement attaquables par les insectes, etc.
Les goudrons constitueraient donc une source supplémentaire de revenu monétaire pour les charbonniers et une économie de devises destinées à acheter de la peinture.
Les liqueurs, après traitement chimique, constitueraient une source de produits chimiques.

Un autre avantage de la méthode à chauffage externe est la possibilité d'utiliser des combustibles très variés: déchets de bois, tourbe, sciure de bois, écorce de riz, café, etc. Ceci est très intéressant surtout pour notre pays où nous disposons d'une quantité insuffisante de bois et d'une réserve importante de tourbe et autres déchets organiques qui sont sous-exploités.

L'utilisation de la méthode à chauffage externe pour la carbonisation du bois et d'autres matières organiques contribuerait à ralentir le défrichement de nos forêts, ce qui a des effets bénéfiques au point de vue écologique.

Les gaz produits lors de la carbonisation, particulièrement le monoxyde de carbone (CO) et les hydrocarbures et les produits chimiques contenus dans les liqueurs et goudrons comme les acides, sont très nocifs. La possibilité de condensation et récupération des matières volatiles (goudrons, liquides et gaz) constitue un moyen d'éviter la pollution de l'environnement par ces matières et de protéger la santé des charbonniers.

V. Suite envisagée du projet

Avec le prototype de four installé à l'atelier du CEAER - UNR, nous avons constaté que la presque totalité du bois de chauffage sert au pré-séchage du bois dans le four et que les gaz dégagés lors de la carbonisation pourraient contribuer à ce pré-séchage si on dispose d'un four secondaire.

Les chambres de carbonisation étant très bien isolées, une carbonisation continue permettrait de profiter de l'énergie stockée lors d'un premier chauffage (environ 90% de l'énergie est perdue par rayonnement dans l'isolation). C'est-à-dire que, aussitôt la carbonisation terminée, on retire les chambres contenant du charbon et on en introduit d'autres contenant du bois avant que le four ne refroidisse.

Ceci réduirait considérablement le temps de chauffage et la quantité d'énergie à fournir.

Pour notre prototype, la chambre de carbonisation (capacité 450 à 500 kg de bois) a coûté 48.000 Frw. Le coût total du four (chambre de carbonisation, condenseurs, maçonnerie, plomberie et installations) est de 200.000 Frw. Dans la suite, une étude sérieuse sera faite en vue de réduire au maximum le coût de l'investissement. Cette étude tiendra compte surtout du coût des matériaux (briques, ciments, blocs de terre, tôles en acier, ...) de leur résistance et de leurs coefficients de conductivité thermique. Cette étude sera faite en collaboration avec des spécialistes en "résistance des matériaux" et en "transfert thermique".

VI. Conclusion et recommandations générales

La méthode à chauffage externe se révèle avantageuse par rapport à la méthode traditionnelle. Mais les considérations économiques montrent que la méthode proposée ici n'aurait de fruits que si elle est appliquée à grande échelle et à long terme:

Pour des charbonniers isolés le coût de l'investissement, le travail supplémentaire de préparation du bois (fendage, séchage), la surveillance des opérations, le transport du bois vers le four, une méthode nouvelle incertaine, peuvent être des facteurs limitatifs pour le choix de la méthode à chauffage externe.

La survie et la réussite de ce projet nécessite une forte vulgarisation et une volonté de la part du Gouvernement Rwandais ou d'autres organismes pour financer des projets de carbonisation à grande échelle ainsi que les études pour la rentabilisation des sous-produits.

Malgré une bonne planification dans le reboisement, la superficie de boisement dont nous disposons et la croissance de la population laissent prévoir que notre pays aura de plus en plus de difficultés à combler son déficit en bois.

L'étude pour l'avenir, d'utiliser la tourbe et les déchets organiques, permettrait de résoudre en partie nos problèmes énergétiques.

ANNEXE

ASPECTS ECONOMIQUES DU PROTOTYPE A CHAUFFAGE EXTERNE

I. Introduction

Dans toute l'exploitation, il faut que les produits soient vendus à un prix tel qu'ils puissent couvrir les différents frais inhérents à la production et faire du profit. Dans le cas de notre prototype de four à charbon de bois, les différents frais se répartissent comme suit:

- le coût du bois
- la main-d'oeuvre
- l'investissement: chambre de carbonisation, isolation (maçonnerie) et condenseurs ainsi que les frais de réparation et maintenance des matériaux.

Ce projet nécessitant un certain capital, il ne peut être applicable qu'à des gens qui sont déjà organisés en coopératives.

Lors de nos expériences, nous avons constaté que la majorité du bois de chauffage sert au pré-séchage du bois dans le four. Les gaz dégagés lors de la carbonisation peuvent contribuer à ce pré-séchage du bois si on dispose d'un four secondaire.

Les chambres de carbonisation étant très bien isolées, une carbonisation continue permettrait de profiter de l'énergie stockée lors d'un premier chauffage (environ 90% de l'énergie est perdue par rayonnement, dans l'isolation). C'est-à-dire que, aussitôt la carbonisation terminée, on retire les chambres contenant du charbon et on en introduit d'autres contenant du bois avant que le four refroidisse. Ceci réduirait considérablement le temps de chauffage et la quantité d'énergie à fournir.

La chambre de carbonisation du prototype de four installé à l'atelier du CEAER est relativement cher (48.000 Frw. pour une unité pouvant contenir 450 kg de bois) et se prête mal à une carbonisation continue.

Dans le but de réduire le coût, on conçoit des fours pouvant utiliser des fûts comme chambres de carbonisation. Chaque four pouvant contenir deux rangées de 2 fûts. (figure 5). Chaque fût de 200 litres peut contenir 100 kg de bois d'eucalyptus

fendu et séché au soleil.

2. Déroulement des expériences

Nous considérons que nous disposons de deux fours et que la carbonisation se fait en continu.

	1 ^o jour	nuit 1 ^{er} jour	2 ^e jour	nuit 2 ^e jour	3 ^e jour
1 ^{er} four	chargement	carboni- sation	décharge- ment+char- gement	séchage	-
2 ^e four	chargement	séchage	-	carboni- sation	déchargement + chargement
	nuit 3 ^e jour	4 ^e jour	nuit 4 ^e jour	5 ^e jour	nuit 5 ^e jour
1 ^{er} four	carboni- sation	déchar- gement + charge- ment	séchage	-	carbonisa- tion
2 ^e four	séchage	-	carboni- sation	déchar- gement	séchage

D'après ce déroulement, il est possible de récolter du charbon chaque jour.

Si on compte 5 jours de travail par semaine et 52 semaines par année, cela fait un total de 260 expériences par année.

3. Bois utilisé

Chaque fût peut contenir en moyenne 100 kg de bois fendu, décortiqué et séché au soleil; dont chaque unité de four peut contenir 400 kg de bois; chaque expérience nécessitera environ 500 à 550 kg. de bois, le bois supplémentaire étant destiné au chauffage. C'est-à-dire que 260 expériences nécessiteront environ 260 stères de bois à 250 Frw./stère = 65.000 Frw.

4. Charbon récolté

Le rendement moyen en charbon étant de 33,3%, sur base du poids du bois séché au soleil, 260 expériences à 400 kg de bois donneront $\frac{33,3}{100} \times 400 \text{ kg} \times 260 = 34632 \text{ kg}$ de charbon.

Si on compte en moyenne 30 kg de charbon par sac, ceci fait 1154 sacs à 400 Frw./sac = 461.760 Frw.

5. Goudrons et liqueurs récoltés.

Les liqueurs et les goudrons solubles dans les liqueurs ne peuvent se vendre qu'après séparation de substances intéressantes telles que le méthanol, l'acide acétique, acétone, phénols, etc.

C'est pour cela que dans le calcul du bénéfice brut, nous ne considérons que les goudrons non-solubles qui peuvent facilement être commercialisables.

100 kg de bois fournissent en moyenne 5,3 kg de goudrons.

260 expériences à 400 kg chacune donneront $5,3 \text{ kg} \times 4 \times 260 = 5512 \text{ kg}$ de goudrons.

Une boîte de peinture coûte 2.000 Frw./4 kg = 500 Frw./kg. Si on prend un prix forfaitaire de 50 Frw./kg; 5512 kg de goudrons valent 275.600 Frw.

6. Charbonniers

3 ouvriers à 240 Frw. par jour seront payés

$3 \times \frac{240 \text{ Frw.}}{\text{jour}} \times \frac{5 \text{ jours}}{\text{semaine}} \times 52 \text{ semaines} = 187.200 \text{ Frw.}$

7. Bénéfice brut

Le bénéfice brut est calculé à partir du charbon et goudrons récoltés et en tenant compte du bois et de la main-d'oeuvre utilisés.

$(461.700 + 275.600) \text{ Frw.} - (65.000 + 187.200) \text{ Frw.} = \underline{485.100 \text{ Frw.}}$

8. Coût et Amortissement

Sur base des chiffres obtenus pour le prototype de four installé au CEAER, nous pouvons faire une estimation du coût et de l'amortissement des fours à carbonisation continue.

a) Coût

- 12 fûts à 800 Frw. la pièce	9.600 Frw.
- Couverts pour fûts + main-d'oeuvre	30.000
- 2 condenseurs à 19.210 Frw. l'unité	38.432
- Plomberie	5.000
- Maçonnerie (2 fours) = (115.410 x 2)	230.820
- Réparation et maintenance (10% du coût global par année)	31.005
	<hr/>

TOTAL

344.917 Frw.

b) Amortissement

Durée de vie

- chambres de carbonisation	1 année
- condenseurs et maçonnerie	6 à 10 années

Le bénéfice brut par année étant de 455.100 Frw., nos prototypes de four à chauffage externe et la carbonisation continue s'amortissent en environ 9 mois.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) MUTUNGIREHE Isaac et WARLEN Christian, Ingénieurs forestiers.
"Rôle de la forêt rwandaise dans l'effort de protection et conservation des sols". Bulletin agricole du Rwanda No 1, janvier 1981, pages 28 à 32.
- (2) ZEUNER T.H. et NGUMANN J. (CTA)
Projet agro-pastoral Nyabisindu
"La production du bois au Rwanda sous l'aspect du boisement intégré à l'agriculture" Bulletin agricole du Rwanda No 3 juillet 1981, pages 155 à 156.
- (3) BAHIGIKI Emmanuel
"Problèmes énergétiques du Rwanda".
Bulletin agricole du Rwanda No 3 juillet 1981, pages 209 à 213.
- (4) MICHELSON "Les boisements communaux"
Bulletin agricole du Rwanda No 2, 1970.
- (5) RUNYINYA BARABWILIZA
"Le Bugesera terre qui meurt"
Bulletin agricole du Rwanda No 2, Avril 1979, Page 74 à 75.
- (6) HERMANN F.J. Wenzl "The chemical technology of wood", 1970,
Pages 270 à 275
- (7) D.V. TISCHEHENKO STRUWHECHN
Plity i svyazuyuschie Materialy, Moscou, SB. 1961
222 - 7 cfr Chemical abstracts.
"Phenols from pyrolysis of wood and their use for the synthesis of different products".
- (8) T.I. Fedorischochev SB - Tr, Tsentr. Nanchn.
Issled. i Proektu. Inst. Lesokkim Prom. 1961
No 14, 39 - 45. cfr chemical abstracts.
"Soluble tar from dry distillation as a source of phenolic material"
- (9) HERMANN F.J. WENZL Op. Cit., pages 280 - 290.
- (10) International Labour Office (ILO) Geneva 1975
"Charcoal making for small Scale Enterprises",
Page 14 à 16.

- (11) PADDON A.R. and HARPER A.P. "Charcoal Production Using Transportable Metal Kiln" Tropical Products Institute - Rural Technology Guide 12, 1980.
- (12) DEREK Earl "A Renewable Source of Fuel"
WNASYLVA Vol 27 NO 110, 1975 - IV, page 21 à 26
- (13) GAUDET John J. and FISCHER was "Production of charcoal from Agricultural Wastes in East Africa". USAID Regional Office, Nairobi, page 1 à 6.
- (14) TATOM John W. and CHIANG Tze I.
"Pyrolytic Conversion of Agricultural and Forestry Wastes to alternate Energy Sources in Indonesia". Georgia Institute of Technology. Engineering Experimentation Station. February, 1977.
- (15) TATOM John W. and CHIANG Tze I.
"Pyrolytic Conversion of agricultural and forestry wastes in Ghana". Georgia Institute of Technology Engineering Experimentation Station. July, 1976. Page 24 à 40.
- (16) MALVAR F.J. "Pyrolytic Conversion of Wastes materials: Demonstration in Ghana".
(Draft) (Georgia Techn. USAID Contract October 1980).

EXPERIENCE SUR L'EXPLOITATION DE LA TOURBE AU RWANDA.

Par Emile KAREGA

Résumé :

En raison du coût sans cesse croissant des produits énergétiques fossiles, en particulier les combustibles liquides et gazeux qui ne sont pas jusqu'à présent décelés dans notre pays, les Autorités rwandaises ont manifesté un grand intérêt pour valoriser et utiliser les ressources énergétiques locales.

Dans certains cas où dans des marais, on a espéré qu'elle pourrait être extraite, séchée à l'air et employée comme combustible pour remplacer les réserves décroissantes de bois ou de son dérivé, le charbon de bois.

Les tourbières drainables offrent plus de possibilités pour leur exploitation alors que dans les zones flottantes, l'on est contraint d'extraire la tourbe au-dessous du niveau de l'eau.

Ces dernières sont généralement inondées durant plusieurs mois pendant la saison des pluies.

Ne pouvant pas exploiter au maximum la couche de tourbe dont l'épaisseur peut facilement dépasser 20 m, on estime pratique qu'il faudrait d'abord exploiter et valoriser le papyrus sous forme de biomasse qui, en soi, constitue une source renouvelable d'énergie, et dont la tourbe dans la plupart des marais est dérivée.

Dans ce cas, le combustible commercialisable se présente sous forme de briquettes, assez dense avec de caractéristiques calorifiques intéressantes. Cet aspect sera discuté et les résultats des tests donnés.

1. La tourbe comme source d'énergie

La tourbe est un mélange hétérogène de matières organiques partiellement décomposées et de sels minéraux qui se sont accumulés dans un milieu saturé d'eau, ce qui empêche la décomposition biologique active de la matière végétale mais plutôt favorise la fixation du carbone qui devrait normalement se dégager sous forme de gaz si le processus de décomposition biologique avait lieu.

Avec la raréfaction du pétrole et du gaz et l'augmentation concomitante des prix de ces produits, l'utilisation de la tourbe comme combustible a suscité un regain d'intérêt dans plusieurs pays. Cependant il ne s'agit pas d'une source d'énergie nouvelle car elle était utilisée depuis longtemps (2.000 ans) et même industriellement dans les années 1850.

Outre son utilisation comme source d'énergie, la tourbe trouve une autre application dans l'horticulture et sert de matière première pour la production d'engrais.

D'après les données dont on dispose (Société Internationale de la Tourbe), on estime les réserves mondiales de tourbe à environ 400×10^9 tonnes à 40 % d'humidité. Cela présente 100×10^6 tonnes d'équivalent pétrole, soit environ 50% des ressources mondiales connues en gaz naturel. Compte tenu des tourbières non inventoriées dans bon nombre de pays, les réserves réelles seraient sans doute plus élevées.

2. Caractéristiques particulières de la tourbe combustible

Pour un géologue, la tourbe n'est autre qu'un charbon jaune. En effet, la tourbe apparaît au dernier stade de décomposition dans le processus de formation progressif des divers types de charbon à partir de substances ligneuses ou végétales dans un milieu anaérobie (Bois- tourbe- lignite- charbon sub-bitumineux- charbon bitumineux- anthracite.). Il ressort de cette gamme que le bois et la tourbe ont des propriétés combustibles assez proches.

Le problème majeur que soulève l'utilisation de la tourbe est son degré d'humidité très élevée (90 % à l'état naturel) alors qu'au moment de l'utilisation, la teneur en eau ne doit pas dépasser 55%.

Outre le degré d'humidité, les principaux facteurs qui influent sur les possibilités d'emploi de la tourbe à des fins énergétiques sont: le poids spécifique, la teneur en cendres, la composition chimique et le pouvoir calorifique.

Actuellement, on produit la tourbe sous quatre formes, selon la méthode de production et le domaine d'utilisation envisagé.

a) la tourbe extraite à la main se présente normalement sous forme de parallélépipèdes de dimensions variables.

b) La tourbe mottière est extraite et comprimée mécaniquement. La compression est effectuée une seule fois directement après l'extraction.

c) La tourbe traisée (broyée) est un mélange hétérogène de petites particules de tourbe non-agglomérées qui sont extraites mécaniquement de la surface de la tourbière.

d) Les briquettes de tourbe sont obtenues dans une usine de briquetage à partir de la tourbe broyée que l'on sèche artificiellement pour abaisser son degré d'humidité jusqu'à 10 - 20 % et qu'on presse ensuite sous forme de briquettes.

Tableau I

Caractéristiques et domaines d'utilisation de la tourbe

Type de tourbe:	Pouvoir calorifique	Teneur	Poids spécifique en kg/m ³	Utilisation
Tourbe extraite à la main	2600 - 3000	25-40	200-400	Usage domestique pour la cuisine et le chauffage
Tourbe mottière	2600 - 3400	30-40	300-400	Applications commerciales à petite et moyenne échelle, usage domestique
Tourbe broyée	1900 - 2600	40-55	300-400	Chaudières, usines électriques et de distribution de chaleur
Briquettes de tourbe	4000 - 4300	15	700-800	Applications commerciales à moyenne échelle, emploi domestique

Tableau 2.

Comparaison entre les quantités moyennes de combustible nécessaires pour obtenir la même quantité de chaleur.

Type de combustible	Quantité de combustibles nécessaire comparée avec une unité de fuel lourd	
	Poids	Volume
Fuel	1,0 (40 MJ/kg)	1,0 (38 GJ/m ³)
Charbon fossile	1,5	1,8
Bois de feu	3,1	6,5
Charbon de bois	1,3	4,0
Tourbe extraite à la main	3,0	8,0
Tourbe moutière	3,1	7,5
Tourbe broyée	4,4	11,0
Briquettes de tourbe	2,2	2,9

La faible densité qui caractérise les produits de la tourbe est un facteur qu'il faut tenir en considération pour la conception du matériel à utiliser pour leur manutention et leur utilisation, le prix de revient du matériel s'ajoutent alors à celui du combustible pour déterminer la rentabilité de la tourbe comme source d'énergie. Aussi pour pouvoir remplacer le bois ou le charbon de bois par la tourbe, il faut en connaître le potentiel et adopter les méthodes d'exploitation appropriées.

Tableau 3

Production de tourbe combustible et de tourbe pour l'horticulture (En milliers de tonnes par an; 40% d'humidité)

Pays	Tourbe combustible	Tourbe pour l'horticulture	Total
R.F.A.	250	2000	2250
Chine	800	1300	2100
Finlande	3100	500	3600
Irlande	5600	400	6000
URSS	80000	120000	200000

3. Production de la tourbe

L'exploitation de la tourbe date des milliers d'années. Elle a été utilisée à différentes fins, notamment comme combustible, comme litière pour le bétail, comme substrat, comme matériaux de construction, etc...

Les dépôts de tourbe se trouvent à la surface du sol contrairement à ceux du charbon et il est donc facile de les localiser et d'en analyser la qualité.

L'assèchement d'une tourbière avant la production peut prendre 2 à 6 ans selon la qualité de la tourbe et l'humidité très élevée (plus de 90 %). Par drainage, on peut réduire l'eau jusqu'à la moitié du moins dans la couche supérieure et ainsi abaisser l'humidité. Outre le drainage, il faut préparer les voies d'accès, essoucher la tourbière et niveler la surface avant la production proprement dite. Toutes ces opérations exigent un équipement diversifié.

Il existe d'une manière générale des techniques bien établies pour la production de la tourbe. Mais comme les conditions de dépôt peuvent varier d'un site à l'autre, ces techniques doivent être adoptées aux conditions locales de chaque cas.

Pour la production de la tourbe broyée, le cycle comprend le broyage, le hersage, le ramassage et le stockage. Lorsque les conditions climatiques sont bonnes, la durée d'un cycle peut durer 2 à 3 jours avec récolte mécanique.

Lors de la production de la tourbe mottière, le terrain est préparé comme mentionné ci-haut, mais les drains sont distants de 20 à 40 m. Suite au taux élevé d'humidité de la tourbe (80 à 90%), les nottes ont souvent une forme irrégulière et le temps de séchage est assez long. Par saison, on peut avoir 2 à 3 cycles qui consistent en l'extraction, le hersage, le billonnage et le ramassage. L'extraction se fait au moyen des machines à disques, qui triturent la tourbe, la forment en mottes et la déposent à la surface du marais.

Compte tenu de sa faible densité, la tourbe est considérée comme un combustible local. En effet, la part du transport dans le coût de la tourbe au point de consommation oscille entre 30 et 40%. Aussi la distance est limitée au tour de 100 km pour le transport par camion et de 300 km par chemin de fer pour que la tourbe reste rentable.

4. Appareils pour la combustion de la tourbe

En général, pour brûler la tourbe on peut utiliser la même équipement que pour le bois. La plupart des poêles à combustible solide peuvent également fonctionner à la tourbe. L'inconvénient du chauffage par feu nu est que la combustion est souvent incomplète et qu'une partie considérable de la chaleur s'échappe. Par conséquent, pour améliorer le rendement calorifique, on peut concevoir des poêles où l'on peut fermer le foyer avec des volets et régler le tirage de l'air secondaire.

5. Exploitation de la tourbe au Rwanda

a) Historique de l'utilisation de la tourbe au Rwanda

1949- Conférence à Bukavu pour la mise au point des utilisations industrielles possibles de la tourbe; notamment comme combustible, source d'énergie électrique dans les centrales thermiques, production d'engrais, distillation, fermentation hydrogénation.
La création d'une "Office de la tourbe du Rwanda" fut envisagée afin d'étudier, exploiter et dil user les nombreux usages de la tourbe.

Vers les années 1955 - 1960

La compagnie CIMENKI exploite la tourbière de Gishoma pour alimenter la cimenterie de Katona au Zaïre.

1962- L'IRSAC publie le livre du Pr Paul DEUSE intitulé "Contribution à l'Étude des Tourbières du Rwanda et du Burundi".

Dans son oeuvre, le botaniste fait un inventaire des tourbières des deux pays, décrit leurs associations végétales et donne une estimation sommaire des réserves.

1967- Jean TORDEUR dans "Étude sur les Possibilités d'Utilisation de la Tourbe" recommande une étude plus poussée des tourbières du Rwanda par un organisme compétent.

- L'Étude d'André MARSAN (IHR) " L'Exploitation Industrielle des Tourbières du Rwanda" ne fait que l'énumération des possibilités d'exploiter la tourbe comme source d'énergie et comme matière première d'une industrie chimique.

1968- Monsieur Werner K. HEINZ dans " Des Tourbières" recommande l'exploitation des marais Ruhezzi, I sumo et Gishoma pour des Centrales électriques, tandis que Cyabaralika et/ou Kiguhu alimenterait les séchoirs de pyrèthre à Ruhengeri.

1974- Exploitation du marais Kiguhu par HLAGO en vue de séchage de fleurs de pyrèthre à Ruhengeri pour le compte de l'ASPY.

- Mr. W.R. RHISTON fait une évaluation des réserves des tourbières et la productivité forestière du Rwanda.
Il recommande la prospection systématique des tourbières du pays, en vue de dresser un schéma général d'exploitation de la tourbe à grande échelle au Rwanda.

1976- SCHWARZBOCK H. et KAREGA E. font les essais de cuisson de briques avec les racines de papyrus à partir desquels la tourbe de l'Akanyaru est torcée, ce le résultat s'avère plus économique comparé à du bois.

1977- Le IIe Plan Quinquennal 1977-1981 est mis à jour. Il met un accent sur la mise en valeur des Ressources Naturelles, notamment la tourbe.

1978- Le Gouvernement signe un accord avec le PNUD (Agence d'exécution: ONUDI).

Le "Projet Tourbe" a débuté ses travaux avec l'arrivée de deux experts irlandais, consultants de l'ONUUDI pour une période de six mois en deux tranches de trois mois chacune.

Depuis, le projet Tourbe a continué ses travaux avec l'Assistance Irlandaise.

Le projet vise :

- dans la mesure du possible, réaliser une plus grande autonomie énergétique
- exploiter rationnellement les tourbières du Rwanda et employer cette ressource naturelle qu'est la tourbe.

b) Réalisations

Lors de la visite et l'exploration des marais, sur base des échantillonnages, on est arrivé aux conclusions suivantes:

- Compte tenu de leur morphologie, on peut classer les tourbières du Rwanda en type "Vallée noyée", donc non drainables et marais drainables.
- Sur base des analyses des teneurs en cendres et en humidité, on a pu éliminer certaines tourbières où les teneurs en cendres sont très élevées (plus de 20 %) et donc inexploitable pour les fins énergétiques. C'est ainsi que les réserves de tourbe estimées à plus de trois milliards de mètres cubes par P. Deuse ne sont plus réalistes.
- La tourbière de Rugezi alimente en eau le lac Bulera à concurrence de 20 %. La tourbe y joue le rôle de tampon-régulateur du niveau de l'eau. L'exploitation de cette tourbière par drainage ou par dragage risque de vider ou baisser le niveau de l'eau dans le marais, ce qui perturberait le niveau du lac Bulera et conduirait aux conséquences désastreuses sur les centrales hydro-électriques de Ntaruka et de Mukungwa.
- Avant d'exploiter la tourbière de Kamiranzovu (bien que les investissements à y consentir seraient importants), il faut mener une étude écologique dans le cas où cette tourbière n'influence pas l'environnement de la forêt de Nyungwe.
- On a ouvert un chantier d'exploitation pilote à Busoro. Dans cette vallée de l'Akanyaru, on n'a pas d'exutoire, la nappe phréatique affleure au même niveau que dans le lit de l'Akanyaru. L'exploitation pilote a commencé en 1979. Les travaux qui entre-temps étaient effectués manuellement, comportent les opérations suivantes. Le débroussaillage et l'aplanissement du terrain,

l'excavation, la macération (mélange de différentes couches pour avoir un produit homogène en qualité), découper les morces, séchage et transport vers les piles de stockage. Malgré les efforts consacrés à la macération, on n'est pas parvenu à obtenir un même produit au jour le jour.

Avec une machine semi-automatique fournie par l'Irlande, on a pu en 1982 maîtriser la production de la tourbe mottière. Afin d'avoir une bonne macération, la tourbe doit contenir une teneur en humidité assez régulière (autour de 85%). C'est pourquoi on organise l'excavation de la tourbe un jour à l'avance pour lui laisser de temps pour décanter.

L'excavation est faite en ligne droite et l'on creuse des trous de 4 x 2 x 1,0 m. On creuse les trous jusqu'à la profondeur de 1,5 m (bien que l'épaisseur de la tourbe dépasse 20 m), car s'effectuée à la main, les gens sont obligés de rester dans l'eau qui effleure à 30 cm de la surface. Si on envisageait d'utiliser des engrais lourds, la machine dont on dispose pèse 2,5 tonnes, on risque de les voir s'enfoncer. On a du mal à supporter celle qu'on a dont le poids n'est pas concentré en un même point.

Pendant la grande saison sèche 1982, on a pu produire 350 T de tourbe sèche. Aussi faudra-t-il disposer de plusieurs machines pour satisfaire la demande.

Au cours de la même campagne, on a distribué de la tourbe à divers utilisateurs pour essais de combustion.

- Les ménages et les grandes collectivités (prison de Kigali) sont satisfaits du rendement calorifique bien qu'avec nos "IMBABURA" le rendement thermique laisse à désirer. Cependant on a enregistré des plaintes relatives à trop de fumée et à la casse des pots. La fumée provient de la combustion non complète, tandis que la casse des pots se justifie par la mauvaise cuisson de ces derniers ainsi que par la distance les séparant du feu. Aussi, il faut faire des recherches sur les foyers améliorés abordables par la population.
- Les essais dans les forges ont donné des résultats négatifs. En effet, la ferraille ne fond pas, mais il se forme une espèce de croûte, ceci dû probablement à la composition chimique de la tourbe.

Dans les fours à flamme renversée (p.e. Gatagara), le seul problème qu'on a rencontré réside en la qualité des cendres (15 - 20 %), sinon le rendement thermique est apprécié.

6. Le papyrus et sa place dans la solution des problèmes énergétiques au Rwanda.

En raison de la paréfaction du bois, le Gouvernement Rwandais manifeste un vif intérêt de recourir aux sources renouvelables d'énergie pour essayer de résoudre certains problèmes énergétiques auxquels le pays est confronté.

Lors de la prospection des tourbières, il s'est avéré que la plupart des marais sont couverts de papyrus dont la tourbe des couches supérieures (?) est dérivée. Au laboratoire on a pu briquetter les papyrus secs à 15% d'humidité sans ajouter de liant, le pouvoir calorifique varie autour de 4.000 kcal/kg avec de faibles teneurs en cendres (moins de 5%).

On estime alors pratique qu'il faudrait dans certaines zones marécageuses exploiter et valoriser le papyrus sous forme de biomasse et ainsi pallier au problème de combustible qui s'aggrave au jour le jour.

Le combustible livré se présentera sous forme de briquelette et ou sous forme de charbon. Outre le papyrus, on peut briquetter la parche de café (c'est le cas chez MERA Kigali), les copaux de bois et d'autres déchets végétaux.

Par ailleurs, le papyrus peut être utilisé dans des gazogènes pour la production d'électricité dans des milieux isolés.

On estime qu'on peut produire jusqu'à 10 tonnes de briquelettes de papyrus par hectare. Les études sont en cours et une usine pilote de briquetage de papyrus est en réalisation.

MISE EN VALEUR DE LA BIOMASSE POUR LA PRODUCTION DE L'ENERGIE AU RWANDA.

Par MUNGARULIRE Joseph
CURPHAMETRA, U.N.R.

I. Introduction

Il y a presque 20 ans que Pierre Sevette, alors Directeur de la Division de l'énergie à la Commission Economique pour l'Europe écrivait: "Plutôt que leur abondance relative, c'est la mise en valeur et l'exploitation des ressources énergétiques naturelles qui caractérisent le degré de développement d'un pays, soit parce qu'elles constituent ainsi pour lui une source de revenu lorsqu'elles sont exportées à l'état brut, soit parce qu'elles sont à la base de son développement industriel, lorsqu'elles sont transformées sur place -par raffinage par exemple pour le pétrole- ou utilisées dans des industries consommatrices nationales" (1). Le pétrole cité ci-dessus, n'est pas hélas !, parmi les ressources naturelles sur lesquelles nous devons compter dans l'exploitation rationnelle de notre environnement.

A côté du pétrole, d'autres ressources énergétiques classiques existant dans d'autres pays et leur procurent toute une gamme de possibilités quant au développement économique et social et à l'autosuffisance.

Ainsi, pour ceux qui connaissent bien notre Pays et les tendances actuelles de la politique énergétique mondiale nées de la crise des années 70, il va de soi qu'un plan d'action pour l'utilisation de la biomasse aura à jouer un rôle prépondérant parmi "les apports des énergies renouvelables à la gestion de l'énergie et de l'environnement au Rwanda".

Dans cet article, nous traitons d'abord des disponibilités de ressources végétales et animales ainsi que les possibilités qu'elles offrent quant à la production d'énergie au Rwanda; on verra ensuite l'état de la situation actuelle quant à l'usage domestique et industrielle de la biomasse ainsi que les recherches et ou applications enregistrées. Cela nous emmènera à des propositions concrètes réalisables à court ou à long terme.

II. Disponibilité de la biomasse au Rwanda

I. Les sources d'origine végétale.

Elles comprennent le bois, les déchets fibreux, les combustibles oléagineux liquides et les fuels végétaux.

a) Le bois.

Première ressource énergétique exploitée par les Rwandais, le bois occupe une place prépondérante dans l'exploitation de la biomasse à des fins énergétiques.

Pour autant que des chercheurs spécialistes en la matière ont et auront à parler de l'utilisation rationnelle de ce gisement vivant, nous nous contentons d'avancer quelques petites considérations à ce sujet :

- i) L'abondance des combustibles fossiles -le pétrole et ses dérivés- risquaient de nous faire perdre la notion fondamentale qui veut que la forêt ne puisse être annuellement exploitée que dans la limite de sa croissance annuelle sous peine de la détruire. Pour lui faire produire plus, il faut l'accroître, la gérer rationnellement afin d'éviter les catastrophes comme celles qui ont eu lieu dans certaines régions de notre continent.
- ii) Le bois est volumineux, donc cher à transporter. En outre, il présente des inconvénients des combustibles pauvres, à savoir : faible pouvoir calorifique, faible densité et forte teneur en eau.
- iii) A côté de la combustion directe et de la carbonisation qui sont les plus courants comme techniques d'exploitation à une fin énergétique du bois, la gazéification reste un procédé non négligeable dans notre pays si nous nous référons à l'effort à déployer dans le domaine des petites industries. En effet, même si la gazéification du bois produit un gaz pauvre, elle permet de faire fonctionner des moteurs thermiques à faible rendement, des moteurs diesel et brûleurs à gaz, s'il est combiné à des carburants d'indice d'octane supérieur. Nous croyons que dans un pays comme le nôtre où un développement technique endogène et bien ancré reste le plus sûr, de telles techniques directement applicables ne doivent pas être considérées comme marginales comme c'est l'avis de certains chercheurs de pays développés, (2) qui ont un choix de possibilités très large et une demande de consommation intérieure incomparable à la nôtre.

b) Les déchets végétaux

Les enquêtes sur le potentiel énergétique des déchets végétaux nécessitent des recherches locales.

En effet, si le bois constitue la partie la plus visible de la production forestière, il serait dommage de s'en tenir là et de négliger les autres organes, branches, feuilles, racines, etc... qui représentent une partie importante de la biomasse sylvestre. Certaines estimations disent par exemple qu'un hectare de forêt tempérée produit en moyenne, chaque année, pour 8 tonnes de bois: 3 tonnes de feuilles, 1 tonne de fruits et racines (3).

De même, l'agriculture nous laisse des résidus, en quantité importante. Nous n'avons malheureusement pas de données sur les possibilités locales, mais pour nous faire une idée de ce que ceci représente, référons-nous au même auteur (français) que ci-dessus : pour chaque tonne de grains, les céréales donnent environ 900 kilos de paille.

L'industrie de transformation du bois occasionne aussi un gaspillage d'environ 50% de la matière première, sous forme de coupes et de sciures.

Il serait néanmoins important, si l'on voulait procéder à une exploitation rationnelle, de déterminer avec précision les quantités de déchets dont on pourra disposer à des moments déterminés ainsi que leurs caractéristiques thermiques.

Il serait bon surtout de ne pas négliger les conséquences que peut avoir sur l'économie locale l'emploi comme combustible de quantités considérables de matières végétales (ceci est vrai également pour les déchets animaux). Il est facile en effet de détruire l'équilibre naturel en voulant ramasser tous les buissons et détritiques qu'on rencontre, ou encore, en recueillant des déchets animaux qui amèneraient le sol si on les laissait sur place où ils joueraient leur rôle d'engrais naturels. Heureusement, on trouve des exemples où le déchet organique est plus rentable après sa transformation pour une fin énergétique, comme dans le cas des fermentations méthanogènes où la bouse de vache devient un engrais plus assimilable par la plante et meilleur pour le sol sous sa forme fermentée (4).

Il est important de souligner ainsi certains déchets pourraient être mieux utilisés qu'ils ne le sont aujourd'hui et nous nous contenterons de citer quelques exemples :

- Pour le cas de la bagasse qui est le plus souvent réutilisée comme déchet - combustible dans les usines traitant la canne à sucre, il serait plus économique de s'en servir comme matière de base dans des industries chimiques (1) plutôt que ce premier rôle qui semble prépondérant dans les industries sucrières et conseillé par bon nombre de chercheurs dans le cadre du recyclage des déchets industriels (5).

- Une autre application énergétique se développe depuis quelques années pour ce qui concerne les déchets de bois : par trituration, fermentation et moulage, ceux-ci peuvent être réduits en granulés d'un centimètre de diamètre environ. Cette nouvelle matière se transporte aisément et son pouvoir calorifique est égal à deux fois celui du bois; elle permet de récupérer sous une forme commode une multitude de déchets organiques: Sciures, bois, paille et déchets ménagers. Par leurs nombreuses qualités, ces granulats pourraient constituer un important vecteur énergétique du futur (3).
- Récemment, un procédé a été mis au point à la division énergétique de Bertin et Cie (2) et celui-ci nous ouvre de nouveaux horizons pour l'utilisation rationnelle des déchets de bois: le bois de déchets, en copeaux de quelques centimètres, et soumis à un cycle thermique à une température appropriée perd la plus grande partie de ses produits volatils, de façon à brûler de manière régulière. Ce procédé "Bois Roux" fournit un combustible qui, grâce à la perte de la teneur en eau, subit des modifications de structure qui lui confèrent des propriétés hydrophobes. Le "Bois Roux" peut ainsi être stocké et transporté sans nécessité de protection contre l'humidité.
La production n'exige qu'environ 20% de sa masse en bois traité, contre 60% pour le charbon de bois; ainsi par élimination de sa teneur en eau, on peut produire, à partir d'un kilo de bois, 0,45 kg de "Bois de Roux" ou 2.250 kcal, contre 0,16 kg de charbon de bois ou 1.070 kcal.

c) Les combustibles oléagineux liquides.

Les graines de nombreuses plantes contiennent des huiles utilisées depuis la plus haute antiquité pour l'alimentation, l'éclairage et l'artisanat. Formées d'acides gras, elles représentent aussi une précieuse matière première pour l'industrie chimique qui peut en tirer par exemple du savon et des peintures. Bons combustibles, leur pouvoir calorifique est à peine inférieur à celui du fuel.
Ainsi, grâce aux huiles et graisses végétales, la photosynthèse pourrait suppléer à une partie des importations de produits pétroliers, au prix évidemment d'une extension des cultures.
Dans la gamme de nos possibilités, nous citerons la production éventuelle d'huiles de ricin et d'arachide. Il va de soi que leur utilisation tiendrait compte d'autres débouchés comme l'industrie alimentaire pour l'arachide ou la préparation des médicaments dans le cas de l'huile de ricin.

d) Les fuels végétaux.

Par le biais de la photosynthèse, la biomasse nous permet de produire par distillation, pyrolyse ou fermentation, des composés tels que le méthanol, l'éthanol, ou le méthane qui stockent de

l'énergie sous forme chimique; faciles à transporter et à entreposer, ceux-ci constituent des vecteurs d'énergie dont nous ne pouvons jamais nous passer.

Il y a quelques années, l'éthanol était essentiellement produit par voie chimique, à partir de l'éthylène, dérivé du pétrole. De nos jours, les conditions économiques nous imposent la fermentation comme le processus le plus rentable de produire l'éthanol et ceci à différents points de vue tels que la matière première, la main-d'oeuvre et la quantité d'énergie (6). Nous reviendrons plus loin sur les possibilités de production d'éthanol au Rwanda.

Il est connu que l'alcool éthylique n'est pas le seul "biocarburant" que nous réserve la biomasse. En effet, le méthanol présente lui aussi certaines qualités. Dérivé du méthane, c'est à l'heure actuelle un sous-produit du gaz naturel, mais on peut l'extraire de toutes les matières cellulosiques par distillation ou pyrolyse.

Pour ce qui concerne la production du méthanol au Rwanda, il va de soi que l'exploitation des quelques 60 milliards de m³ de méthane du lac Kivu comblera les besoins en ce produit sans recourir à une industrie basée sur le bois ou les différents déchets cependant que le méthane dont il est question ici est lui-même formé, dans presque sa totalité, par la dégradation anaérobie de la matière organique du lac Kivu; ceci pour souligner encore une fois le rôle de la biomasse dans notre autosuffisance énergétique.

Le méthanol a un pouvoir calorifique de 5000 kcal/kg (contre 7000kcal/kg pour l'éthanol) et, utilisé à l'état pur, il présente cet avantage sur l'alcool éthylique d'avoir un indice d'octane élevé et une faible pollution par les oxydes de carbone et d'azote.

Le futur carburant végétal pourrait aussi bien être tiré directement de "l'arbre à essence" que les laboratoires de génétique cherchent à créer, selon une idée du prix Nobel américain Melvin Calvin, spécialiste de la photosynthèse. Nous nous félicitons de l'intérêt que le sujet a suscité parmi bon nombre de chercheurs nationaux qui s'occupent de l'étude de ces plantes aux mélanges d'hydrocarbures et dont l'Euphorbia tirucalli (Umuyenzi) qui s'adapte très bien à notre climat est l'une des espèces qui présentent le maximum de réussite jusqu'à présent. Une telle perspective est d'autant plus attrayant que les euphorbes sont des plantes frustes, poussant sur des sols pauvres. On ne risquerait donc pas de compétition entre cultures énergétiques et cultures vivrières, comme ce serait le cas par exemple pour la canne à sucre dans l'industrie de l'éthanol.

2. les sources d'origine animale.

a) L'énergie thermique des gaz lacustres.

Comme nous l'avons déjà souligné dans les paragraphes précédentes, le méthane du lac Kivu se forme essentiellement grâce à la décomposition anaérobie du plancton - un élément de la biomasse, l'autre petite fraction étant, selon certains rapports formée à partir de réactions thermo-catalytiques. Source considérable d'énergie renouvelable, les réserves du lac Kivu représentent un stock disponible estimé aux environs de 60 milliards de m³.

renouvelables annuellement au taux de 2%-, ce qui correspond à 36 millions de tonnes de gazoil (1). Ce gaz peut être utilisé pour la production de force motrice, pour le chauffage domestique - après concentration du méthane-, pour les usages thermiques de caractère industriel, dans les cimenteries ...

Il peut être également valorisé par synthèse chimique en produisant des composés de tous genres (méthanol - carburant, engrais chimiques et autres).

b) Le fumier et les déchets animaux.

Dans notre pays et dans tout autre milieu où l'agriculture et l'élevage sont pratiqués, on enregistre des quantités considérables de déchets organiques brûlés ou rejetés dans le milieu ambiant sans avoir donné toute la mesure de leur potentiel énergétique. Ils contiennent en effet une proportion importante, la moitié ou plus, de cellulose, graisses, sucres d'origine animale et végétale.

La fermentation anaérobie peut leur faire produire un gaz combustible, composé essentiellement de méthane et de gaz carbonique (40 à 70% de méthane). Ce combustible présente un pouvoir calorifique situé autour des 9.000 kcal/m³ contre 9.000 pour le méthane pur. Nous reviendrons à ce sujet un peu plus loin.

D'après ce qui précède, nous pouvons illustrer l'utilisation de la biomasse pour des fins énergétiques à l'aide de la figure n° 1.

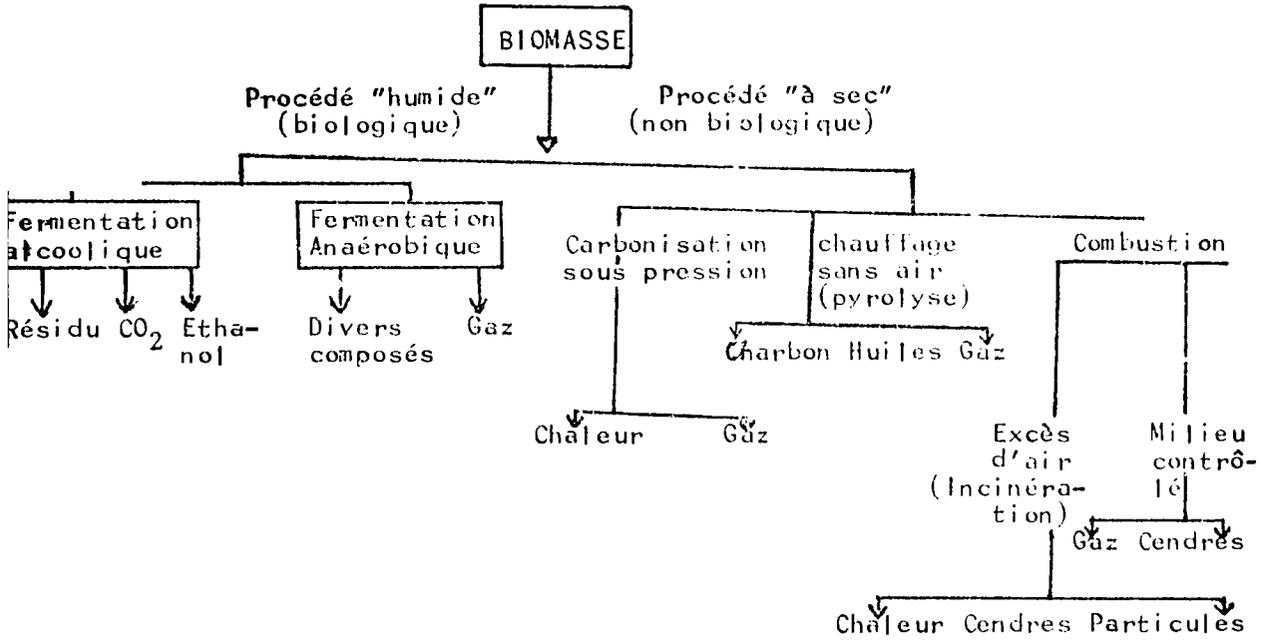


Fig. 1 : Divers procédés de conversion de la biomasse en gaz, liquides et/ou solides énergétiques.

III. L'expérience de l'U.N.R. dans l'exploitation de la biomasse comme ressource énergétique

Au cours de ces dix dernières années, bon nombre de chercheurs de notre Université se sont penchés activement sur l'exploitation de la biomasse en vue de la production de l'énergie. Nous n'insistons pas ici sur les expériences menées sur certaines utilisations rationnelles du bois comme source énergétique car d'autres chercheurs, spécialistes en la matière ont eu ou auront l'occasion de nous présenter leurs travaux en long et en large. Nous nous contenterons tout simplement de donner quelques considérations sur les possibilités qu'offrent l'éthanol et le méthane, tous les deux produits par fermentation anaérobie.

1. L'éthanol de fermentation

La fabrication d'éthanol au Rwanda à partir de la mélasse de sucreries et la récupération d'autres déchets organiques disponibles dans le pays pourraient être des éléments importants d'une politique énergétique globale.

Des expériences menées à l'Université de Gikoma sur la mélasse résiduelle de la sucrerie de Kabuye ont permis d'installer de petites unités de production d'éthanol avec un rendement de 30% (volume d'alcool éthylique par rapport au volume de mélasse utilisé pour la préparation de la solution originale).

La teneur en sucres des résidus de distillation (vinasses) varie entre 10 et 13% (8). Il est dès lors important de souligner que l'utilisation de la mélasse pour la fabrication d'éthanol ne porterait pas préjudice aux projets de développement s'intéressant à cette matière pour l'alimentation du bétail, puisque les vinasses sont, selon bon nombre d'auteurs, plus intéressantes pour l'alimentation du bétail que la mélasse elle-même notamment au point de vue assimilation du produit par l'organisme et teneur en matières nutritives comme par exemple les protéines contenues dans les vinasses en forte proportion.

2. Le méthane de fermentation ou biogaz.

Depuis presque 10 ans, l'Université poursuit son effort de revalorisation de la biomasse en menant des recherches sur les fermentations méthanogènes et parallèlement, en vulgarisant la technologie déjà disponible dans le milieu et ceci en collaboration avec d'autres organismes travaillant sur le même sujet. Des résultats prometteurs ont déjà été obtenus.

Nous savons que l'exploitation du biogaz produit ainsi un fertilisant riche qui présente le double avantage d'être rentable et plus accessible par rapport aux engrais chimiques dont les prix sont à l'image de ceux du pétrole.

Il est cependant important de souligner que même pour les initiés des installations de biogaz, le développement de la méthanisation se heurte tout de même à certaines contraintes techniques ou socio-économiques non négligeables. Les recherches fondamentales étant encore peu multipliées suite à la négligence du sujet pendant les périodes hors-crise, différents problèmes trouvent difficilement une solution.

Mais pour un pays comme le Rwanda, la position géographique élimine déjà l'un de ces problèmes techniques, en l'occurrence le méfait de la basse température, paramètre inclu parmi les facteurs limitants dans la fermentation méthanogène de la matière organique. De plus, on compte dans le pays d'énormes quantités de déchets agricoles, domestiques ou industriels pouvant être recyclés pour la production de gaz méthane et d'engrais.

Néanmoins, les expériences sur le biogaz incite à se poser la question de savoir dans quelle mesure nous pouvons nous fier aux données théoriques actuelles. On se demande aussi où l'on doit situer "l'extrême simplicité" et "la très grande sensibilité" des unités de fermentations, contradiction souvent relatée dans divers rapports sur le biométhane.

IV. Conclusion Générales.

Le problème de l'énergie est ressenti au plus haut point dans un pays comme le nôtre qui ne dispose pas d'hydrocarbures fossiles classiques, sur lesquels le monde a trop compté jusqu'au moment récent où la crise énergétique mondiale s'est déclarée.

Cet état des choses n'a pas provoqué que la crise pétrolière mais aussi précédent. Né dans les pays industrialisés, ce gaspillage a été transféré, par biais des flux technologiques, dans les milieux socio-économiques des peuples en développement. L'effet négatif de ce gaspillage se répercuta notamment sur l'utilisation d'une ressource énergétique qui était comme à nos populations: le bois. Faite de façon non rationnelle, l'exploitation des forêts nous emmènerait vers la catastrophe dont les signes distinctifs déjà facilement observables sont l'état avancé de l'érosion, les carences pédologiques ayant comme conséquence le manque alarmant de terres arables.

C'est compte tenu de ce point de vue important d'une crise multidimensionnelle, que l'exploitation du bois au Rwanda doit tenir compte des autres éléments de la biomasse en équilibre avec ce premier dans le cadre d'une production d'énergie. Le problème qui se pose ici est est de taille: comment profiter de la valeur énergétique de la biomasse sans pour autant provoquer un déséquilibre au sein de l'environnement?

Des techniques anciennes ou modernes, endogènes ou importées nous indiquent bien que l'exploitation de la biomasse pour la production énergétique offrent des possibilités énormes quant à la solution que nous devons apporter au déficit enregistré dans ce domaine.

L'utilisation de l'énergie latente du bois, des déchets végétaux et animaux par des procédés comme la combustion directe, la carbonisation, la gazéification, la transformation chimique (fermentations

éthylques ou méthanogènes par exemple) doit se faire dès lors, de façon rationnelle et globale. En effet, comme certains rapports l'indiquent (9), ces filières d'exploitation et de valorisation de la biomasse se présentent avec des caractéristiques si différentes qu'on ne saurait les comparer valablement dans l'absolu.

En effet, même si on peut se permettre d'étudier les principaux caractères, avantages et handicaps de ces procédés de valorisation de la biomasse, on ne peut évaluer ceux-ci que par rapport à un besoin et après avoir étudié sous un aspect global comment s'exprime ce besoin.

Néanmoins, la mise en valeur de la biomasse pour la production de l'énergie au Rwanda ne pourrait pas se limiter (ni à court, ni à long terme) à la simple adoption et adaptation des divers procédés que le développement de la recherche scientifique pourrait nous léguer: en effet, une action combinant les efforts des responsables et techniciens pour la formation de cadres compétents, le transfert des connaissances dans le milieu socio-économique, la variation rapide de la méthodologie selon les exigences du moment etc., et seulement cette action pourrait nous faire profiter des bienfaits que réserve le gisement "biomasse" dans la satisfaction de nos besoins en énergie.

REFERENCES

- (1). Sevette, Pierre; L'économie de l'énergie dans les pays en voie de développement, Presses un. de Fr., Paris - P. 11 (1963).
- (2). Bertin et Cie; Unité de production de "Bois Roux", Notes techniques, Paris (1982).
- (3). Vauge, Christian; le choix solaire - Une énergie qui entre dans la voie quotidienne, Editions CNRS/Tchou, P. 72 (1969).
- (4). Mungarulire Joseph; Contribution à l'étude du méthane biologique - Fermentation de déchets disponibles au Rwanda, Memoire, p. 170, Butare (1979).
- (5). Dubé Serge et Van Puyvelde Luc; la production d'éthanol au Rwanda, Bulletin agricole du Rwanda, 12 (3), p. 156 (1979).
- (6). Johnston P.J., le marché industriel de l'éthanol aux Etats-Unis, Compte-rendu d'une réunion d'experts, DCDE, Paris, P. 96 (1978).
- (7). Stout, B.A. Agricultural biomass for fuel, Experientia, 38, P. 145 (1982).
- (8). Mungarulire Joseph, Dubé S., Van puyvelde L.; Essais pour la production de l'éthanol au Rwanda, Bulletin agricole du Rwanda, 13 (3), p. 201 (1980).
- (9). Ministère de la Coopération, Evaluation des énergies nouvelles pour le développement des états africains, p. 19, SEMA, France (1977).

APPLICATIONS THERMIQUES DE L'ENERGIE SOLAIRE

Par Charles NTAKIRUTINKA
Ingénieur Civil Physicien
Ancien Chercheur au C.E.A.E.R.

Résumé

Les applications qui font l'objet de cet exposé sont le chauffage de l'eau, la distillation, la cuisson, le séchage et la réfrigération.

Chacun de ces domaines est décrit d'abord brièvement avant de parler de ses applications au Rwanda, en Afrique et dans l'un ou l'autre pays développé.

Ensuite, une comparaison est faite entre le chauffage de l'eau par l'électricité et le bois d'une part et par l'énergie solaire de l'autre part.

Enfin, des recommandations sont faites pour que l'utilisation de l'énergie solaire aux fins économiques et environnementales soit plus importante au Rwanda.

1. Introduction

A la suite de la crise pétrolière de 1973, des recherches sur les énergies nouvelles et renouvelables ont été revivées ou commencées dans la plupart des pays du monde. De ces énergies, les rayons solaires ont reçu une place primordiale.

Au Rwanda, l'initiative est née au sein de la faculté des Sciences de l'Université Nationale du Rwanda : en 1974, il y eût créé un Centre de recherche, le Centre d'Etudes et d'Applications de l'Energie au Rwanda. En réalité, le Centre s'est occupé dès le départ surtout des énergies nouvelles et renouvelables en accordant d'ailleurs, comme dans beaucoup d'autres pays, une place prépondérante à l'énergie solaire.

Les lignes suivantes retracent les différents pas faits par le C.E.A.E.R. dans le domaine des installations thermiques solaires. Ce qui s'est fait dans d'autres pays africains est relaté également mais davantage sous forme d'information que d'analyse et ce, pour mettre le C.E.A.E.R. dans un cadre.

II. Chauffage de l'eau

Le chauffage de l'eau est réalisé grâce à un chauffe-eau solaire.

Un chauffe-eau solaire comprend les éléments principaux suivants :

- a) un champ de capteurs
- b) un échangeur de chaleur (éventuel)
- c) une citerne de stockage

a) Le champ de capteurs c-à-d un ou plusieurs capteurs mis ensemble pour convertir les rayons solaires en chaleur. Ses capteurs sont de deux sortes : les capteurs plans et les capteurs à concentration. Ces derniers consistent en surfaces soit en forme de paraboloïde de révolution soit en forme de cylindro-parabolique. Dans les deux cas la surface intérieure est réfléchissante afin de concentrer ces rayons solaires au foyer ou le long de la ligne focale.

Quant aux capteurs plans, il s'agit de convertisseurs sans concentration et vues les températures relativement basses des fluides dans le chauffage de l'eau, ce sont eux qui sont les plus utilisés. Voici comment ils sont composés :

Chaque capteur comporte une surface absorbante ou absorbeur solidaire des conduits où circule le fluide à chauffer. La face non exposée au soleil repose sur un isolant pour empêcher à la chaleur accumulée de se dissiper.

A une petite distance de la face frontale, cette surface est couverte par une autre transparente à travers laquelle le soleil atteint l'absorbeur. Un cadre permet de garder les différentes parties ensemble.

b) L'échangeur de chaleur dont la présence n'est pas toujours nécessaire constitue avec le champ des capteurs un circuit fermé où circule le fluide directement chauffé par l'énergie solaire. Cet échangeur baigne dans l'eau d'utilisation qu'elle chauffe par contact. L'échangeur de chaleur est nécessaire lorsqu'on veut éviter la corrosion et l'entartrage des conduits de l'absorbeur. L'échangeur est un réseau de tuyaux disposés selon une géométrie appropriée.

c) La citerne de stockage contient l'eau d'utilisation. Elle est isolée afin que la chaleur accumulée par l'eau soit conservée le plus longtemps possible avant l'utilisation.

Au C.E.A.E.R., les premiers chauffe-eau solaires non expérimentaux ont été produits en 1975 et installés à l'hôtel de Gabiro pour alimenter en eau chaude 6 chambres et dans deux résidences des cadres de l'Université.

Au cours de 1978-1979, des chauffe-eau de 5 m^2 ont été mis au point et placés dans 8 résidences des professeurs de l'Université. En plus un chauffe-eau solaire de $7,5 \text{ m}^2$ fut construit à l'École Technique Agricole de Butare.

En peu plus tard, au début de début de 1980, le Village SOS de Kacyiru a commandé 12 chauffe-eau totalisant 60 m². Un particulier de Kigali acheta un chauffe-eau identique. L'Hôpital de Kigeme à Gikongoro a bénéficié en 1981 d'un chauffe-eau solaire dans le cadre du projet de vulgarisation des énergies nouvelles et traditionnelles améliorées financé par U.S.A.I.D. (United States Agency for International Development) et exécuté par le C.E.A.E.R. Au cours de la même année 1981, un chauffe-eau de 22,5 m² a été placé à l'Hôtel Edelweiss à Gisenyi.

En 1982, la Commune de Gashora dans la Préfecture de Kigali a commandé un chauffe-eau dont l'entrée en activité ne devrait pas tarder.

Grâce à un fond consenti par un organisme Allemand, le C.E.A.E.R. vient d'équiper 6 Centres de Santé de Butare de chauffe-eau solaires: Save, Gakoma, Kirarambogo, Gisagara, Simbi et Kansi.

Enfin la pédiatrie de l'Hôpital Universitaire de BUTARE a un chauffe-eau installé dans le cadre du même projet USAID dont j'ai parlé plus haut. La maternité du même Hôpital devrait bénéficier du même service bientôt.

Tous ces chauffe-eau utilisent la circulation naturelle c-à-d le mouvement de l'eau des capteurs vers l'échangeur est assuré par un gradient de pression due au gradient de température.

Le prix de chaque chauffe-eau dépend de la surface installée et de l'endroit d'installation.

Le chauffe-eau de 5 m² standard revient en moyenne à 200.000 FRW et produit jusqu'à 200 litres d'eau chaude par jour en moyenne, le gradient de température étant de 30°C.

En Afrique, des expériences analogues existent dans beaucoup de pays notamment en TANZANIE, au KENYA, au NIGER, au SENEGAL, au MALI etc... Ceci montre l'intérêt que les pays africains ont attaché à l'énergie solaire et nous espérons qu'il sera toujours soutenu.

Dans tous les pays développés, des recherches et des applications importantes se rencontrent en masse. Aux Etats-Unis par exemple, on peut citer les expériences du professeur FARBER de l'Université de Floride à Gainesville, celles de Sandia Lab., des différentes Universités où des études conduisant au diplôme de doctorats en énergie solaire sont dispensées depuis des années. Les applications sont très nombreuses et la technologie aidant, on rencontre dans ce pays des capteurs d'une perfection remarquable. En exemple le capteur de la société U.S.S.C. (United States Solar Corporation).

III. Distillation solaire

Les distillateurs sont des appareils simples destinés à purifier l'eau des impuretés indésirables ou à la dessaler.

En général, un distillateur est composé d'un bac surmonté d'un vitrage. Ce bac contient de l'eau à purifier sur une petite profondeur.

Lorsque les rayons solaires pénètrent dans cette eau à travers le vitrage, elle est chauffée, s'évapore et se condense sur le vitrage dont la température est plus faible étant donné son contact avec l'ambiance. Le vitrage a une pente, ce qui permet à l'eau pure de ruisseler vers une rigole d'évacuation et vers un récipient extérieur.

Au C.E.A.E.R., les applications sont moins nombreuses que celles des chauffe-eau. On dénombre un distillateur installé à l'hôpital de Kigeme, un autre installé à Rusatira et un troisième à Gisagara.

Les recherches pour mettre au point un appareil standard se poursuivent.

L'utilisation peut intéresser les Centres de Santé (injections intraveineuses), les garages (solution acide des batteries), les laboratoires.

Dans presque tous les pays ayant des expériences solaires, la distillation a été essayée du fait de sa simplicité.

IV La cuisson solaire

Au CEAER, deux appareils, un paraboloïde de révolution importé et une cuisinière originale fabriquée au CEAER font l'objet d'expérience. Le système à concentration n'est pas pratique car il n'utilise que le rayonnement direct lequel peut être bas lorsqu'il y a des nuages, ce qui signifierait qu'une cuisson entamée devrait être compromise car les interruptions de température ne sont pas tolérées dans la cuisson.

L'autre modèle a été utilisé avec succès pour cuire le riz et même le haricot mais lors d'un ensoleillement très élevé. Les régions comme le Bugesera ou l'Est du pays pourraient exploiter ces potentialités.

V Séchage solaire

Le séchage est un moyen de conservation des denrées ou qui permet d'utiliser rapidement un produit récolté.

Jusqu'à présent au CEAER, les recherches ont porté sur des appareils simples. Le procédé général est le suivant : Un capteur solaire à air composé d'une tôle reposant sur un isolant en contact avec le sol et surmonté d'un vitrage chauffé l'air qui est introduit par une ouverture le long du capteur.

L'autre face comporte un conduit de l'air chaud qui est introduit dans une enceinte où se trouvent les produits à sécher. Une cheminée permet la circulation de l'air.

Des expériences ont porté sur le poisson, le thé, le café etc...

Actuellement, on expérimente un autre type de séchoir à savoir une enceinte en bois recouvert d'un papier cellophane.

Des résultats positifs permettraient de réduire des pertes lors des récoltes et de conserver plus longtemps certains produits.

VI Réfrigération

Comme le séchage, la réfrigération permet d'assurer la conservation des denrées.

L'expérience du CEAER basé sur le cycle à absorption utilisait un capteur cylindro-parabolique tapissé de miroirs réflecteurs. La solution utilisée était $H_2O - NH_3$ (eau - ammoniac)

Rappelons comment fonctionne un système à absorption. Il s'agit du système d'un frigo à pétrole ou à gaz. Ces combustibles servent à chauffer le mélange $H_2O - NH_3$. L'ammoniac étant plus volatile que l'eau, s'évapore, se condense et s'évapore de nouveau mais à basse température, ce qui crée l'effet frigorifique.

Au CEAER des expériences ont porté sur un système intermittent qui a permis d'atteindre $5^{\circ}C$, mais il s'est avéré trop compliqué et non rentable. C'est pourquoi une nouvelle orientation est envisagée : utilisation des capteurs plans mais les expériences n'ont pas encore commencé.

Comparaison entre le chauffage électrique et le chauffage solaire de l'eau au Rwanda.

Il s'agit de comparer sur une période de dix ans (durée "garantie" d'une installation solaire de chauffage) le coût du chauffe-eau solaire standard fabriqué par le CEAER et celui d'un système électrique pouvant produire la même quantité d'énergie utile. Nous supposons qu'un chauffe-eau électrique de 100 litres peut élever 200 litres d'eau de $20^{\circ}C$ à $50^{\circ}C$, quantité produite par le chauffe-eau solaire standard du CEAER.

Le coût actuel de ce chauffe-eau électrique est estimé à 80.000 FRW. Etant donné qu'il est difficile de prévoir le taux d'augmentation du coût de l'électricité chaque année nous optons pour l'hypothèse pénalisant le système solaire selon laquelle le Kwh sera toujours à 13 FRW pendant 10 ans.

Le chauffe-eau solaire n'exige pas d'entretien mais étant donné qu'une vitre peut se casser, nous estimons les frais d'entretien à 20.000 FRW tous les 5 ans soit 40.000 FRW pendant 10 ans.

Dans ces conditions, l'énergie journalière à produire par l'un ou l'autre système est : $200 \text{ kg} \times 1 \text{ kcal/kg } ^{\circ}C \times 30^{\circ}C = 6000 \text{ Kcal/jour}$ ou 7 Kwh/jour.

Le tableau ci-après reprend pour chacun de ces systèmes le coût cumulé année par année et la différence (coût du système solaire - coût du système électrique).

Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Solaire	200000	200000	200000	200000	220000	220000	220000	220000	220000	240 000	
Electrique	80000 17x13x365 = 80000 133215 = 1713 215	80000 2x33215 =146430	80000 3x33215 =179645	80000 4x33215 =212860	80000 5x33215 246075	80000 6x33215 279290	80000 7x33215 33215				
Différence	86785	53570	20355	-12860	-26075	-59290	-92505	-125720	-155845	-161970	

De ce tableau, il se dégage que le système solaire se paye à partir de la 4ème année par rapport au système électrique.
De plus, la différence récupérée à partir de la 4ème année est en réalité plus importante dans la mesure où la durée de vie d'un chauffe-eau électrique est de 5 ans au Rwanda.
A la différence marquée, il faudrait donc ajouter le coût électrique, ce qui nous donne après 10 ans une différence de 241.970 FRW.

Comparaison entre le chauffage solaire et le chauffage au bois.

Il s'agit ici aussi de fournir 7 kwh d'énergie utile par jour en utilisant d'une part le chauffe-eau solaire standard du CEAER et le chauffe-eau à bois.

Le rendement du chauffe-eau à bois tel que courant au Rwanda ne dépasse pas 20% e-à-d donc que 7 kwh ou 6000Kcal d'énergie utile seront récoltés en ayant dépensé réellement $\frac{6000}{0.2} \text{ Kcal} = 30.000 \text{ Kcal}$.

jour ou 8.5kg de bois /jour (1kg de bois sec produit 3500 Kcal), ou 3128.6 Kg de bois sec par an ou 7.8 stères de bois sec (1stère de bois sec \approx 400kg) soit encore 3.2 m³ de bois sec par an.

Dans les conditions actuelles où le m³ de bois revient à un minimum de 800 FRw et à un maximum de 6.500 FRw au Rwanda, le chauffage au bois reste moins cher que le chauffage solaire mais vu sous l'angle de la protection de l'environnement, le chauffage solaire peut contribuer à sauvegarder la nature et à combler le déficit énergétique. A ce sujet, si tous les 102 Centres de Santé du pays utilisaient, au lieu du bois, le chauffe-eau solaire standard, le pays sauverait par an 3.2 m³ x 102 = 323.2 m³ de bois soit 16 ? ha de plantation exploitable !

Conclusion et recommandations

* Il est évident que l'énergie solaire peut contribuer à soulager le déficit énergétique du pays notamment par le chauffage solaire. En plus, le pays dispose de compétence pour l'appliquer. Dès lors, il faudrait inviter tous les particuliers utilisant des chauffe-eau électriques à les "remplacer" une fois vieux par des chauffe-eau solaires (Villas de standing, Hôtels) et aider les Centres de Santé

* Créer ensuite si pas en même temps une société commerciale de production et de maintenance des appareils solaires car le CEAER ne serait plus en mesure d'assurer ces tâches sous peine de compromettre sa mission de recherche.

* Renforcer la capacité de recherche du CEAER en lui cherchant du personnel qualifié en nombre suffisant afin que d'autres domaines des énergies renouvelables potentiellement capables de contribuer comme le chauffage solaire à une meilleure gestion de l'énergie et de l'environnement soient étudiés et appliqués.

N.B. : La partie comparaison entre le chauffage- solaire et le chauffage à bois utilise les données des articles suivants et repris dans ce rapport :

1. Programme de reboisement au Rwanda
Par BIROLE Phénès, Directeur des Eaux et Forêts
au Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage.
2. Utilisation du bois au Rwanda

Par STAEBLER
Conseiller à la Direction des Eaux et Forêts
Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage

APPLICATION DE LA CONVERSION PHOTOVOLTAIQUE DE L'ENERGIE SOLAIRE

Par BWANAKEYE Jean Baptiste

I. Background

A. Energie solaire

A.1. Le soleil

Le soleil est une étoile qui est le Centre de notre système solaire. Son Ø est d'environ $1,39.10^6$ Km. Il est situé à $1,5 \times 10^8$ km de la terre et sa lumière met un peu plus de 8 minutes pour nous atteindre. C'est une parfaite bombe thermonucléaire en explosion perpétuelle transformant 564 millions de tonnes d'H en 560 millions de tonnes d'hélium pendant chaque seconde, la réaction se faisant dans son noyau à la T₀ de 25 millions de degrés centigrades pour tomber à 6.000°K à sa surface (phosphère), et chaque fois libérer 4 millions de tonnes sous forme d'énergie dont une infime partie atteint notre planète après s'être atténué dans l'atmosphère.

En effet, le soleil rayonne à chaque seconde 100 milliards de milliards de kwh dans toutes les directions, et la terre + son atmosphère ne reçoit que 30 milliards par seconde.

Néanmoins, à l'échelle terrestre cette énergie est considérable. Par exemple le Rwanda reçoit en moyenne 4,7 kwh/m²/j soit 4,7xsxj = le rayonnement solaire se propage comme une onde électromagnétique.

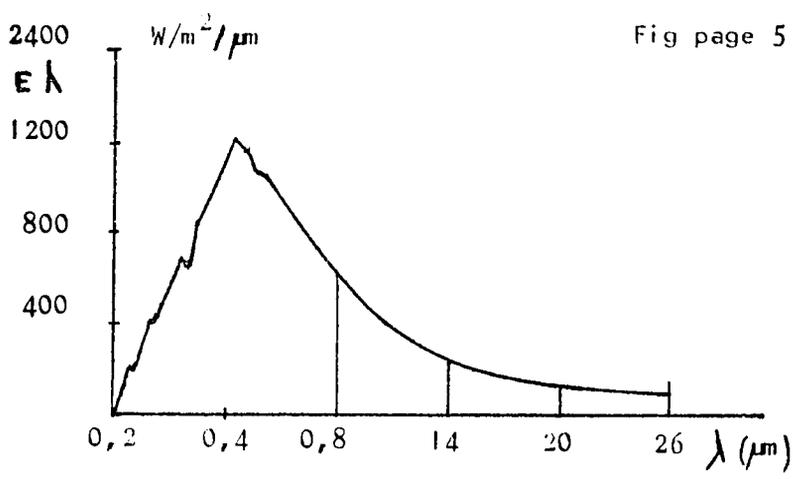
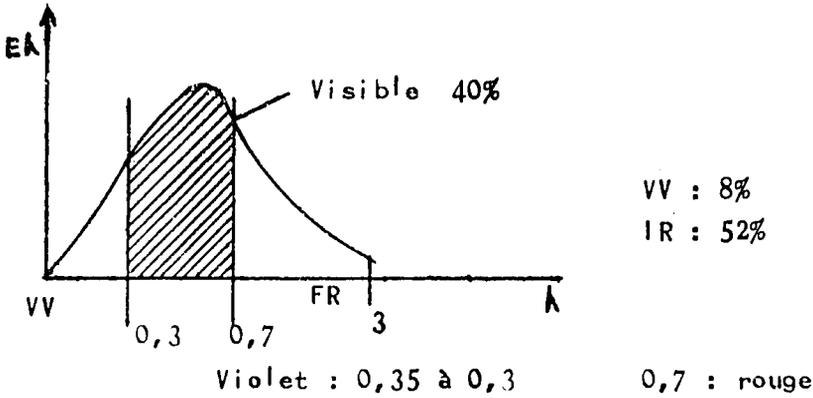


Fig page 5 Solar Energy Thermal processes Duffie and Beckman



Constante solaire

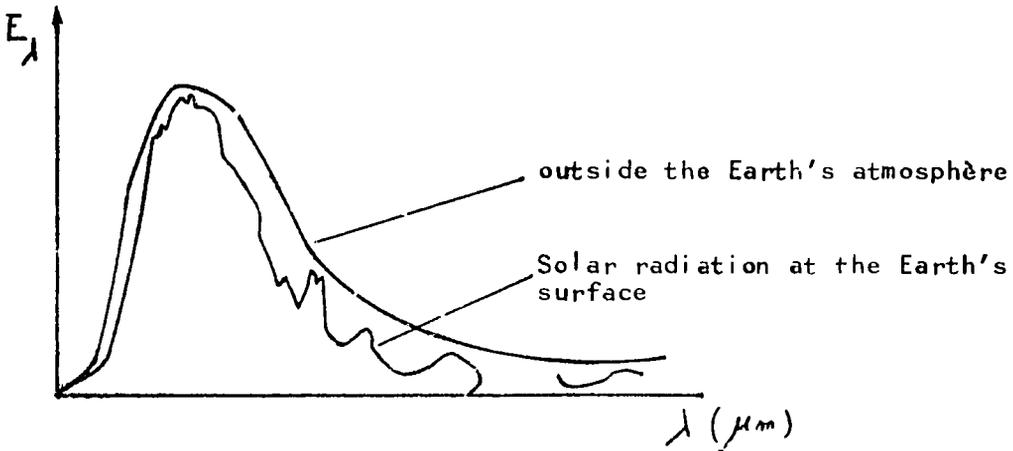
A cause de l'orbite terrestre qui est elliptique la distance soleil-terre varie $\approx 3,34\%$ par suite l'intensité solaire aux confins de l'atmosphère varie au carré c-à-d de 6,8%.

On s'est alors convenu sur une distance moyenne pour définir la CS qui est de 1.353 W/m^2 (Thekaekara et Drumond 1971).

Mais le sol ne reçoit pas cette quantité d'énergie, la traversée de l'atmosphère atténue le rayonnement à cause de l'absorption proprement dite par les gaz et vapeurs de l'atmosphère, la diffusion moléculaire par ces gaz et vapeurs et l'affaiblissement par les particules de toutes sortes en suspension dans l'atmosphère.

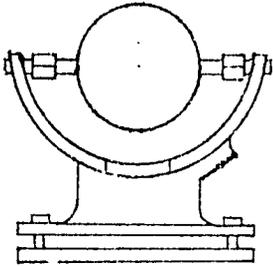
Ainsi donc nous notons 2 composantes du rayonnement solaire :

- a) le rayonnement direct
- b) le rayonnement diffus



Mesure du rayonnement solaire

- L'appareil mesurant le rayonnement solaire direct est le pyréliomètre. Il peut être couplé avec un enregistreur ou avec un intégrateur.
Cet appareil doit être muni d'un tracking system.
- Les mesures du rayonnement solaire au sol sur des surfaces horizontales se font avec des pyranomètres.
Cet appareil mesure l'global.
Cet appareil n'est pas sélectif en fonction de la longueur d'onde.
- Pour mesurer la durée d'insolation on utilise les héliographes.
Exemple : Héliographe campbell-stokes



On mesure les périodes de la journée pendant lesquelles l'insolation a dépassé un certain seuil.

L'intervalle de temps compris entre le lever et le coucher du soleil définit le maximum.
La fraction d'ensoleillement $\sqrt{\quad}$ est le rapport de l'insolation journalière à cette durée théorique.

$$\sqrt{\quad} = \frac{\text{durée d'insolation}}{\text{durée maximale d'insolation}}$$

- Rayonnement réfléchi à la surface de la terre

Il s'agit ici de la réflexion proprement dite et de la réflexion diffuse en ondes courtes. Le coefficient de réflexion ou pouvoir réfléchissant pour le rayonnement visible appelé "Albedo" a les valeurs suivantes selon la nature de la surface :

- Terre végétale sèche : 10 à 15%
- Terre végétale humide : 8 à 9%
- Sable sec : 18 à 40%
- Sable humide : 9 à 18%
- Rocher : 12 à 15%
- Neige : 70 à 80%

N.B. : L'Albedo est la fraction de l'énergie du rayonnement solaire incident qui est renvoyé par réflexion et diffusion, c'est ainsi qu'un revêtement donné du sol renvoie par réflexion et diffusion vers l'atmosphère une partie du rayonnement qu'il reçoit c'est l'Albedo.

C'est encore l'Albedo de la surface lunaire que nous percevons quand nous regardons la partie de la lune réfléchissant la lumière solaire. En fait ce terme concerne plus particulièrement l'intensité lumineuse.

L'Albedo terrestre moyen est d'environ 0,4.

Les problèmes généraux de l'énergie solaire

Aux confins de l'atmosphère, la terre reçoit $1,8 \times 10^{11}$ mégawatts, de ce fait l'humanité dispose d'une source d'énergie inépuisable. Le fait que cette énergie n'est que très peu exploitée est dû à une négligence, une insouciance à l'échelle mondiale et enfin aux difficultés de son utilisation. Ces difficultés sont dues aux causes suivantes :

1. Sa distribution irrégulière et intermittante entraîne les conséquences suivantes :

- On ne peut garantir le fonctionnement journalier d'un équipement de conversion de l'énergie solaire (cuisinière solaire, pompe solaire etc...) comme on le faisait pour un équipement classique (moteur électrique par exemple).
- Les performances d'un équipement de conversion de l'énergie solaire varient très largement en fonction de la qualité de l'atmosphère, du jour et plus généralement de la saison.
- Pour avoir des performances suffisantes (ex: débit/jour) en saison d'hivernage, il est nécessaire de surdimensionner sensiblement les équipements; ce qui est coûteux.
- Les équipements de conversion de l'énergie solaire, à moins d'un système de stockage adapté, ne peuvent travailler que quelques heures par jour, il s'agit là d'un handicap important qui pèse sur les coûts d'amortissement (fonctionnement annuel limité à 1.800 heures environ).
- Le stockage facile dans certains cas (pompage de l'eau) diminue beaucoup les inconvénients propres à l'irrégularité du rayonnement solaire.
- Le rayonnement solaire étant très variable suivant la localisation, la saison etc..., il est essentiel de la mesurer correctement, au moins sur une base annuelle avant de lancer d'importantes inévitablement coûteuses.

Ces réserves étant faites, on peut considérer que l'énergie reçue du rayonnement solaire dans les pays en voies de développement est une ressource relativement faible qu'il est intéressant de transformer, une fois reconnues ses contraintes inhérentes.

Les applications privilégiées seront donc tout naturellement,

celles qui permettent une pleine utilisation immédiate du rayonnement solaire (séchage, distillation, pompage etc...)

2. L'énergie solaire n'est pas concentrée naturellement. Sa faible densité superficielle à la surface du sol ou des eaux fait dire qu'il s'agit d'une énergie dispersée.

3. L'énergie reçue par une surface donnée n'est pas récupérable en totalité, car il y a toujours des pertes par conduction ainsi que par convection dans l'air ou par rayonnement.

4. Le stockage de l'énergie solaire est très difficile et très coûteux.

A.2. Conversion photovoltaïque

On connaît depuis longtemps les cellules photoélectriques et les posemètres utilisés en photographie. Avec une cellule au sélénium exposée au soleil et transformant l'énergie solaire en énergie électrique, le rendement de la conversion ne dépasse pas 0,2%, ce qui est excessivement faible. Mais depuis une vingtaine d'années on parle de photopiles et des importants progrès survenus en ce domaine.

Les domaines d'utilisation sont : Les applications spatiales, l'éclairage, la réfrigération, le pompage et la télécommunication. La connection au réseau HT est possible mais coûteuse.

L'effet photovoltaïque est une conversion directe en énergie électrique de l'énergie des photons émis par le soleil.

Les cellules dites "photovoltaïques" sont essentiellement constituées de couples semi-conducteurs-métaux (dopés).

Sous l'action de la lumière, elles deviennent le siège d'une force électromotrice, qui croît avec l'intensité de la lumière.

Les photons, particules élémentaires de la lumière en pénétrant à l'intérieur des couches des semi-conducteurs dopés libèrent ces charges électriques qui seront collectés par le circuit électrique extérieur et qui pourront alimenter aussi bien, un réfrigérateur, un moteur, une pompe, une radio etc..

Ce procédé entièrement statique, identique à celui du transistor a une durée quasi-infinie.

II. Gestion de l'énergie de la conversion photovoltaïque.

La production d'énergie électrique au coût raisonnable par un système photovoltaïque suppose une optimisation tenant compte des paramètres extérieurs tels que :

- Niveau d'ensoleillement, répartition dans le temps, température et autres facteurs climatologiques et enfin les caractéristiques de la demande en électricité.

Pratiquement on procède comme suit :

1. Etude du site considéré : c-à-d la collecte des données météorologiques, avec des appareils appropriés.

2. Interprétation des données par une mise en forme mathématique
3. Reconstitution de l'année moyenne c'est à dire par exemple : recherche de la valeur moyenne d'ensoleillement annuel sur une période de 10 ans.
4. Relevé des caractéristiques des modules solaires à utiliser, si le fournisseur n'en donne pas
5. Calcul de l'énergie fournie par un module pour une inclinaison donnée. Si on n'envisage pas l'utilisation d'un dispositif "Tracking", choisir alors une inclinaison immuable de compromis.
6. Etude du bilan énergétique de l'installation
7. Définir les caractéristiques de la charge, de la batterie de stockage, et de la régulation, ces 3 parties constituent le système photovoltaïque
8. Choix du nombre de panneaux à utiliser, de la taille du stockage et de la régulation.

Exemple d'un dimensionnement rapide d'un système photovoltaïque

Ensoleillement journalier au Rwanda mois par mois (en wh/m²/jour)

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
1*/	5.400	5.600	5.400	5.400	4.700	4.500	4.500	4.500	4.900	5250	5000	4500
2*/	5.400	5.600	5.400	5.400	4.900	5.000	5.250	5.250	5.600	5250	5200	4700

Les calculs se font avec les données des mois les moins ensoleillés, c'est-à-dire 4.500 Watt-heure/m² et par jour pour le nord du pays, et 4.700 Watt-heure/m² et par jour pour le sud.

La notion AM-1 (Air-Mars 1) :

A.M.1 est le nom de l'illumination standard, à laquelle les caractéristiques électriques des panneaux sont mesurés.

L'A.M-1 correspond à un spectre solaire bien défini, à une insolation de 1000 W/m² et à une température ambiante de 25° C.

Procédé de calcul

Supposons 10 lampes de 8 Watts chacune fonctionnant pendant 3 heures par jour.

La consommation journalière est donc égale :

$$10 \times 8 \times 3 = 240 \text{ Wh}$$

Les lampes fonctionnent sous 12 V donc l'énergie consommée est

$$\frac{240}{12} = 20 \text{ Ah}$$

1* : Nord

2* : Sud

Le rendement d'une batterie au plomb est de 80% en Ah.

Consommation après batterie : $20 \text{ Ah} \times \frac{1}{0,8} = 25 \text{ Ah}$

Supposons que le module photovoltaïque considéré donne 2A minimum sous un éclairnement standard de 100 W m^{-2} (A.M-1) pour la région Nord, ce module donnera :

$$\frac{1,500 \text{ W m}^{-2} \text{ jour} \times 2\text{A}}{1000 \text{ W m}^{-2}} = 0 \text{ Ah/jour}$$

Le nombre de modules qu'il faut = $n = \frac{25}{9} = 2,78$ soit 3 modules.

En général il faut au moins 4 jours de réserve pour la batterie soit : $4 \times 20 \text{ Ah} = 80 \text{ Ah}$

Le courant maximum des modules doit être inférieur à 20% de la capacité de la batterie.

Pour le cas du frigo, il faut connaître sa consommation journalière; par exemple le frigo 551 (LNE) consomme 25 Ah/jour sous les conditions suivantes :

- Température ambiante : 30°C
- Température intérieure : + / - 5°C (position thermostat minimum)
- Ouverture du frigo +/- 3 fois par jour, et remplissage journalier de la moitié du contenu

Il faut prendre soin de refermer la porte aussi vite que possible et d'installer le frigo dans un endroit le moins chaud possible.

Composantes d'une installation

a) Le générateur solaire

Le générateur solaire est constitué de modules en association série parallèle.

Les panneaux des modules sont fixés sur des châssis rectangulaires qui reposent le plus souvent sur des supports ancrés sur une dalle de béton. Dans certains cas les panneaux sont fixés directement sur la toiture.

b) Régulateur

Cet appareil doit éviter la surcharge de la batterie, donc réduire la consommation d'électrolyte, dans le cas de longues périodes d'ensoleillement excessif.

Il s'agit d'écouler dans ce régulateur une fraction plus ou moins importante de la puissance délivrée afin de limiter à une valeur admissible la tension aux bornes de la batterie.

Il doit par ailleurs pouvoir dissiper une puissance correspondant à la puissance crête totale de l'ensemble des modules, et sa consommation hors régulation doit être négligeable.

Batterie de stockage

Le type d'accumulateur sera du type stationnaire compact au plomb à faible taux d'autodécharge et à grande réserve d'électrolyte.

La réserve d'électrolyte correspond au volume délimité par les parois verticales du bac, et il y est repéré un niveau maxi et mini.

Les connexions des éléments sont inattaquables à l'acide. La batterie est livrée avec un jeu d'accessoires comprenant :

- Un densimètre
- Un remplisseur
- Un thermomètre

N.B. : Certains panneaux sont livrés avec des diodes de protection dans le cas contraire il faut les prévoir, comme dans d'autres cas il faut prévoir des régulateurs de tension pour les frigos solaires, si le constructeur ne les y a pas incorporé.

- SELECTION DE LA CHARGE

- Choisir la charge en fonction de son utilisation
- En déterminer la tension
- Utiliser le continu chaque fois que c'est possible
- Utiliser le fluorescent au détriment de l'incandescent
- Choisir les frigos les mieux et à rendement le plus élevé

- MESURES DE SECURITE

- Renforcer les systèmes de sécurité
- Suivre le code électrique national pour les installations en courant continu
- Placer le champ photovoltaïque à l'intérieur d'une clôture ou sur le toit d'une maison
- Placer les instruments de contrôle, les batteries et les régulateurs dans une pièce fermée.
- Couvrir les panneaux à haut voltage (50 Voc) avec un plastique noir pendant la maintenance, et ne les nettoyer que pendant la nuit
- Pourvoir le système d'un switch on/off pour le contrôle automatique de la charge

- MAINTENANCE

- Inspection du système, au minimum 1 fois par an.
- Laver les panneaux chaque fois que c'est nécessaire
- Pour la batterie, vérifier souvent le niveau de l'électrolyte.

Expérience du C.E.A.E.R. dans le domaine photovoltaïque

Le CEAER a installé avec succès des systèmes d'éclairage et de réfrigération dans les Centres de Santé de - NYABIRASI (Commune Kanama Préfecture Gisenyi) et de NYARUEBYE (Commune Rusumo, Préfecture Kibungo) qui ont coûté 2.500.000 FRW.

Le CEAER a également fait une étude de 30 Centres de Santé (3/Préfecture) et a soumis le devis au Ministère de la Santé Publique.

Ce projet une fois réalisé, augmentera notre expérience et notre crédibilité dans le pays.

342

Projets de Microcentrales Hydro-électriques au Rwanda

Par SIMBIYOBWE Gaspard
Chercheur au CEAER

Résumé

Les zones rurales au Rwanda ont un besoin urgent de voir le rythme de l'électrification s'accélérer en utilisant des sources adéquates d'énergie.

Etant donné que les microcentrales hydro-électriques sont une source d'énergie nouvelle parmi d'autres, leur rôle dans le développement des zones rurales du Rwanda ne concurrence pas celui des autres sources d'énergie nouvelles mais complète celui-ci.

Cet exposé décrit la méthode d'évaluation du potentiel d'un site, les critères de jugement d'un site, la technologie, les projets envisagés ainsi que les applications de ces projets.

Introduction

L'énergie hydraulique à petite échelle est utilisée à travers le monde depuis des milliers d'années. En fait, elle a été utilisée pendant bien des siècles avant Jésus-Christ pour faire tourner des roues à augets pour moudre le grain et pour faire monter l'eau pour l'irrigation et la fourniture de l'eau. Le potentiel de l'énergie hydraulique du globe est énorme, plus de 2,2 millions de MW (près de 20% de la capacité du globe) dont moins de 2% a été développée. L'énergie hydraulique a été diversement appelée énergie hydraulique à grande échelle, petite échelle, mini-échelle et micro-échelle. Un examen de littérature montre que l'ordre des définitions est le suivant:

- * micro-échelle : moins de 150 KW
- * mini-échelle : 150 à 500 KW
- * petite-échelle: 500 KW à 50 MW
- * grande échelle: supérieur à 50 MW (> 50 MW)

Les besoins en puissance électrique estimés et prévus à moyen

terme vont déterminer la taille de la microcentrale.

La puissance installée est donnée par la formule suivante:

$$P_{inst} = (5,5 \div 6,0) \cdot Q_{inst} \cdot H \text{ (en KW)}$$

(Le η global est admis très faible pour tenir compte des pertes en ligne et du caractère semi-artisanal d'une microcentrale.

Pour les mini-centrales, la puissance installée est donnée par la formule suivante : $P_{inst} = (7,5 - 8,0) Q_{inst} \cdot H \text{ (en KW)}$.

Pour réduire les coûts d'installation, une microcentrale doit être conçue comme un aménagement "au fil de l'eau". Comprenant les éléments suivants:

- prise d'eau latérale avec déversoir de crue
- désableur
- canal d'amenée avec déversoir latéral
- chambre de mise en charge
- conduite forcée
- bâtiment de la centrale avec turbine et alternateur
- canal de fuite

Si le débit du cours d'eau est suffisant, on pourra éviter la construction d'un bassin assurant une accumulation journalière ainsi que le système de régulation du débit d'entrée à la turbine en fonction de la puissance demandée. Dans ce cas, le débit à travers la turbine est constant, la puissance non demandée par le réseau est dirigée sur des résistances.

La puissance installée nécessaire P_{inst} étant connu, on recherchera des sites sur des cours d'eau où le produit $Q_{inst} \cdot H$ est égal à la P_{inst} (5,5 - 6,0) avec $Q_{inst} = 0,9 QMA = 31,71 \cdot 10^{-6} \cdot S_B \cdot H_p \cdot K_E$

où S_B est la surface du bassin versant mesurée sur une carte (en Km^2)

H_p est la lame d'eau écoulée, d'après la carte des isohyètes (en mm)

K_E est le coefficient d'écoulement admis = 0,3 selon certains expérimentateurs.

H est la hauteur de chute brute (en m)

Lorsque plusieurs sites peuvent fournir la puissance demandée, on fera une sélection en fonction des critères suivants:

- 1) - la distance de l'emplacement de la centrale au centre de consommation (la ligne de transport étant un des postes les plus coûteux de l'installation.)
- 2) factibilité d'accès au site
- 3) qualité des eaux
- 4) la longueur du canal d'amenée

5) les débits d'étiage et de crue*

6) les impacts sur les cultures.

Evaluation du potentiel d'un site

Grandeurs caractéristiques d'un site.

- Un site susceptible d'aménagement est caractérisé par:
- la hauteur de chute brute H (m) mesurée entre la prise d'eau ou le niveau moyen de l'accumulation et le point de restitution.
 - le débit disponible Q (m^3/s)

A ces deux grandeurs essentielles correspond la puissance hydraulique brute $P = 9,81 \cdot Q \cdot H$ (en KW)

(g est l'accélérateur de la pesanteur)

Compte tenu des rendements (η) des différents éléments de l'installation on définit la puissance effective disponible aux bornes de l'alternateur (donc abstraction faite des pertes en ligne)

$$P_e = 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta_{\text{global}}$$

En utilisant le facteur de transformation $K_T = 9,81 \eta_{\text{global}}$
On obtient $P_e = K_T \cdot Q \cdot H$
Numériquement on a:

<u>Eléments de l'installation</u>	<u>Rendement partiel pour Q_{inst}</u>
Adduction (pertes de charge)	0,92 - 0,95
Machinines hydrauliques	0,89 - 0,91*
Machines électriques	0,94 - 0,96
Transformateur	0,98 - 0,985

* : - Débits d'étiage du cours d'eau: sont les débits où le cours d'eau a un niveau le plus bas.

- Débits de crue du cours d'eau: sont les débits où le cours d'eau acquiert un niveau le plus haut.

* Valeurs un peu élevées pour de petites turbines, en particulier du type "BANKI" ($\eta = 0,80 - 0,85$).
Valeurs qui conduisent à $7,5 < K_T < 8,0$

Dans les calculs pour l'évaluation du potentiel d'un site on admet arbitrairement que K_T ne dépend pas de la charge. Cela implique le choix des valeurs de K_T plus basses que celles relatives aux charges élevées, proches du débit d'installation. Le choix de la valeur de K_T dépend, évidemment de la puissance et des types de l'installation et des machines.

En pratique, une installation n'est pas destinée à être exploitée, ni de façon continue, ni à charge constante. On définit le facteur d'utilisation K_u dont dépend l'énergie annuelle effectivement productible.

$$E = K_u \cdot E_{th} = K_u (6,57 - 7,01) \cdot Q \cdot H \cdot 10^{-2} \text{ (GWH/an)}.$$

La hauteur de chute étant définie, le choix du débit installé et les possibilités d'exploitation dépendent non seulement de l'hydrologie du cours d'eau utilisé, mais également du type de l'aménagement projeté, à savoir: - au fil de l'eau et avec petite accumulation (compensation journalière).

Installation au fil de l'eau

L'installation ne possède aucune accumulation. Les turbines absorbent l'eau disponible jusqu'à concurrence du débit installé Q_{inst} (m³/s) pour lequel elles sont dimensionnées. En période d'étiage, ce débit n'est pas atteint et la puissance est limitée par l'insuffisance du débit. On choisit alors un $Q_{inst} = Q_{MED} = 0,9 Q_{MA}$ (m³/s)

On définit un débit garanti Q_{gar} (m³/s) le débit suivant:

$Q_{gar} = 0,5 Q_{MA} = 0,55 Q_{inst}$; les valeurs des puissances correspondante en découlent:

Puissance installée P_{inst} (KW) = (7,5 - 8,0) · Q_{inst} · H

Puissance "garantie" P_{gar} (KW) = 0,55 P_{inst} .

Quant à l'énergie effectivement produite, elle est liée au coefficient d'utilisation K_u . Pour une usine au fil de l'eau, on peut admettre $K_u = 0,65$ lequel entraîne $E =$

$$0,65(6,57 - 7,01)Q_{inst} \cdot H \cdot 10^{-2} \text{ (GWH/an)}$$

en restant conscient que dans de nombreux cas d'exploitation cette valeur constitue une limite supérieure.

Installation avec petite accumulation

On admet la possibilité de création d'un petit bassin assurant une compensation journalière.

La concentration de la production sur un laps de temps réduit n'est possible que si le débit installé Q_{inst} est adapté à cette situation. On choisit arbitrairement dans ce cas :

$$Q_{inst} = 2 \cdot Q_{MED} = 1,8 Q_{MA} \text{ (m}^3\text{/s)}.$$

la puissance installée correspondante est

$$P_{inst} = (7,5 - 8,0) \cdot Q_{inst} \cdot H \text{ (KW)}$$

On fixe le volume utile du bassin V_u (m³) égale à

$V_u = 5,0 \cdot Q_{inst} \cdot 10^4 (m^3)$ permettant un fonctionnement de l'installation (c.-à-d. 10 heures de fonctionnement par jour). La puissance installée définie plus haut ne peut être atteinte que pendant une partie de la journée. Durant la période d'étiage, au moins pendant la durée "garantie" $t_{gar} = (24/2) \cdot 0,55 = 6,5$ heures. Le coefficient d'utilisation $K_{gar} = 3900/8700 = 0,45$ entraîne l'énergie $E = 0,45(6,57 - 7,01) \cdot Q_{inst} \cdot H \cdot 10^{-2}$ (GWH/an).

Critères de jugement (choix) d'un site

En peu de mots, pour dimensionner les installations et en évaluer leur potentiel énergétique, on détermine le module $Q \cdot MA$ du site et, compte tenu des développements précédents, on calcule les grandeurs caractéristiques suivantes, pour les deux variantes "au fil de l'eau" et "à accumulation" :

Grandeurs/Variantes		"au fil de l'eau"	"à accumulation"
1. Débit installé	Q_{inst} m^3/s	$0,9 \cdot Q \cdot MA$	$1,5 \cdot Q \cdot MA$
2. Puissance installée	P_{inst} KW	$(7,5 - 8,0) Q_{inst} \cdot H$	
3. Valeurs garantie	P_e et t KW et h	$P_{gar} = 0,55 \cdot P_{inst} \cdot t_{gar} = 0,5$	
4. Energie annuelle effective	E GWh/an	$E = 0,65 \cdot E_{th}$	$E = 0,45 \cdot E_{th}$
5. Energie annuelle théorique	E_{th} GWh/an	$E_{th} = (6,65 - 7,01) \cdot G \cdot H \cdot 10^{-2}$	

Les valeurs dépendent de coefficients dont le choix peut être modifié de cas en cas, en fonction des caractéristiques propres à chaque site. L'intérêt d'un site n'est pas uniquement fonction de la puissance disponible mais également de la pente du tronçon de rivière auquel il correspond. En effet, plus sa pente sera grande, donc moins importante sera la longueur de l'aménagement nécessaire à son exploitation, plus avantageuses seront les conditions de production. On peut alors définir un coefficient de qualité faisant intervenir la puissance disponible par unité de longueur du tronçon aménagé, correspondant au produit du débit moyen par la pente de ce tronçon.

Finalement, les deux grandeurs retenues pour procéder sommairement à l'évaluation énergétique d'un cours d'eau par la "méthode d'investigation" sont:

- la puissance installée P_{inst} calculée à partir de $Q \cdot MA$ et de H , pour la variante "au fil de l'eau".
 $P_e = 0,7 \cdot Q \cdot MA \cdot H$ (KW)
- la puissance installée spécifique, faisant intervenir la longueur L (m) du tronçon aménagé de la rivière.

$$P_{\text{spécifique}} = P_e/L = (6,7.Q \text{ MA.H})/L(\text{KW/m})$$

On possède ainsi deux critères de jugement de l'intérêt que présente un site. Le 2^e critère permet des comparaisons utiles concernant les possibilités de différents tronçons de débits et de pentes variés.

N.B.: La méthode d'investigation consiste

- 1^o à établir une carte topographique avec le tracé d'un cours d'eau et des courbes de niveaux permettant de définir avec précision le contour du bassin versant.
- 2^o à établir une carte des isohyètes permettant de déterminer la moyenne des précipitations (ici au Rwanda 1.200 mm).

Evaluation du potentiel hydro-électrique des petites chutes des cours d'eau.

Les travaux d'évaluation du potentiel hydro-électrique de certaines chutes des cours d'eau ont été effectuées par les chercheurs du CEAER. Le nombre de sites visités est assez élevé et un seul entre eux pourra être mis en état de fonctionnement sous peu. C'est le site de NKORA en Préfecture de Gisenyi qui était fonctionnel jusqu'en 1974 et dès lors a été mis hors service. Le CEAER veut mettre en état de fonctionnement de cette microcentrale pour étendre l'expérience pratique d'installation avant d'entreprendre un certain nombre de prototypes dans chaque préfecture. Voici les résultats par ordre chronologique d'étude.

Nom de la rivière	Localité	Commune	Préfecture	Débit Q (m ³ /s)	Hauteur de chute (en m)	Puissance estimée (KW)	Année d'éva- luation
1. NYIRANSHURA	GISANZE	NDORA - SHYANDA	BUTARE			5	1977
2. NYIRAKESHA	RANGIRO	KIRAMBO	CYANGURU	10,94	42	98	1978 Nov.
3. GISUMA	KIRARAMBOGO	MUGUSA	BUTARE	10,13	20	15	1979
4. KAVIRI	KINYAMAKARA	KINYAMAKARA	GIKONGORO	0,04	20	5	1970-1980
5. NYAKIRIBA	KIMIYANGE - NYAKABUYE	MBOGO	KIGALI	0,013	30	moins de 2 KW.	1981
6. GAHIMBI	RUKONDO	RUKONDO	GIKONGORO	0,1	7	5	1981
7. MIGINA	KIGEMBE - station pisci- culture	KIGEMBE	BUTARE	0,50	5	17,5	1981
8. NDABA	NDABA	MABANZA	KIBUYE	0,10	300	240	1981
9. NDABA	MURUNDA	MABANZA	KIBUYE	0,20	20	10	1981
10. NKORA	NKORA	KAYOVE	GISENYI	0,4-0,6	30,5	150 (puis- sance élec- trique ins- tallée.)	1981-1982
11. NKORA	MASHIMO	CYABINGU	RUHENGERI	0,23	20	42	1981
12. NYAMUTERA	Chute KABAHENDANYI	NYAMUTERA	RUHENGERI	0,8	20	100	1981
13. NYAMUTERA	Chute INYAMYOTSI	NYAMUTERA	RUHENGERI	1	37	250	1981
14. NYAMUTERA	Chute INYAMUTERA	NYAMUTERA	RUHENGERI	1,2	58	850	1981
15. MPENGE	MPENGE	KIGOMBE	RUHENGERI	1,35	8	175 puissance électrique	1981-1982

Technologie

On évalue la production de puissance en mesurant le débit et la hauteur de chute sur le site. On déterminera l'emplacement de la centrale en prenant en compte la hauteur de chute, que l'on peut créer pour une certaine longueur du canal usinier et les lignes de distribution qui sont nécessaires pour alimenter les parties éloignées du village en électricité. Ensuite on évalue l'écoulement à l'aide d'un "flotteur", méthode qui s'est avérée la seule adéquate et qui donne d'assez bons résultats. On détermine la hauteur de chute en mesurant la différence d'élévation entre l'entrée de la conduite forcée et l'orifice d'admission de la turbine.

Des tables de référence qui montrent la puissance disponible correspondent aux différentes combinaisons de débit et hauteur de chute qui ont été établies. La prise d'eau est constituée par un réservoir bas en pierre qui élève le niveau d'eau et dérive l'écoulement dans un canal usinier non revêtu. Le canal usinier aboutit à une structure de la mise en charge qui est construite en pierres sèches revêtues de béton.

Le bassin de mise en charge dispose des ouvertures nécessaires à l'admission et à la sortie d'eau et des volets de tro-plein sont disposés sur ces ouvertures.

Pour les hauteurs de chute de 6 et 40 m on utilise des tuyaux en acier et on dispose une vanne juste avant l'injecteur.

On choisit la grandeur de la centrale électrique de manière à adapter la turbo-génératrice aux autres équipements. La sélection du moteur primaire est déterminée par la condition du site, la simplicité d'utilisation et de fabrication du moteur et de son coût.

La microcentrale sera située à proximité du centre de consommation pour raisons économiques, par conséquent la distribution se fera à la tension de production.

Applications

Les programmes de microcentrales hydrauliques sont conçus et seront exécutés essentiellement dans le but de répondre aux besoins fondamentaux en électricité destinée à l'usage domestique.

Cependant, on conseillera et on encouragera les gens à utiliser cette énergie dans les industries artisanales.

L'éclairage à l'aide de trois ou quatre lampes à incandescence de 40 à 60 watts constituera la plus grande partie de la charge électrique. Les tubes fluorescents pourront également être utilisés à des fins d'éclairage. L'application industrielle de l'énergie électrique produite dépendra des produits agricoles de la localité et des méthodes de transformation qui seront envisagées. Les microcentrales hydrauliques qui seront situées à un certain nombre de locations fourniront l'énergie aux industries artisanales et aux unités de transformation des produits agricoles.

Dans la plupart des cas, la force motrice de la turbine, par l'intermédiaire d'un système adéquat de poulie-courroie, fera marcher une gamme variée de dispositifs. Ces derniers comprendront

des scies à ruban, des moulins, des machines à décortiquer le riz, des machines à égrener le café, des machines à égrener le maïs, des tours en bois et des meuleuses, etc.

Je vous remercie de votre attention

ANNEXES

1. Définitions
2. Aspects positifs des petites centrales hydroélectriques
 - Catégories d'impacts environnementaux des petites centrales hydroélectriques.

Annexe 1.

Définitions

1) Débit moyen écoulé annuel ou module annuel Q M A (m^3/s)

Deux méthodes pour le calculer:

1. En sommant les précipitations récoltées sur l'ensemble du bassin versant relatif à ce point. Connaissant la moyenne de la hauteur des précipitations annuelles H_p (mm) sur l'ensemble de la superficie du bassin versant S_B (km^2), on calcule alors le volume des précipitations annuelles V_p ($10^6 m^3/s$) tel que $V_p = 10^3 \cdot (S_B \cdot H_p)$

Le volume ainsi obtenu constitue une moyenne annuelle. En fait, seule une fraction de ce volume est collectée par la rivière et atteint le point considéré, au bas du bassin versant correspondant. C'est le volume écoulé V_E ($10^6 m^3/s$) auquel correspondent les notions suivantes: déficit d'écoulement $D_E = H_p - H_E$ (mm) et le coefficient d'écoulement $K_E = H_E/H_p$. le passage du volume moyen écoulé annuel V_E au module annuel Q M A se fait, à l'aide de la relation suivante: $Q M A = \underline{31,71 \cdot 10^6 (S_B \cdot H_p)} \text{ (} m^3/s \text{)}$

2) Le débit médian Q MED

C'est le débit atteint ou dépassé pendant la moitié de l'année valant en moyenne.

Q MED =

0,9 Q MA (m^3/s) avec pour extrême 0,71 et 1,0

3) Le débit "garanti"

Q_{gar.} correspond au débit atteint ou dépassé en moyenne pendant 95% du temps. Des valeurs calculées à partir de deux années, une sèche et une humide, on retient Q_{gar.} = 0,5 Q MA = 0,55 Q MED (m^3/s) avec extrême 0,35 et 0,76

Annexe 2.

Aspects positifs des petites centrales hydroélectriques

1. Ressources renouvelables n'utilisant pas de carburant
2. Ne produit pas de déchets de traitement, tels que la chaleur perdue, les émissions d'air, les déchets solides et les substances toxiques
3. Frais d'investissement et d'entretien peu élevés
4. Technologie adéquate éprouvée
5. Impacts environnementaux à échelle relativement petite en particulier dans le cas de centrales au fil de l'eau
6. A moins que de vastes réservoirs de retenue n'existent, la consommation d'eau est nulle
7. Technologie décentralisée adaptable aux conditions locales
8. Usages hydrauliques complémentaires tels que l'alimentation en eaux et l'irrigation

Catégories d'Impacts environnementaux des petites centrales hydroélectriques

1. Interruption de l'écoulement
2. Sédimentation
3. Qualité de l'eau
4. Organismes aquatiques
5. Maladies d'origine hydraulique et parasites
6. Impacts terrestres
7. Impacts artificiels sur le milieu humain

Ex.: - accroissements de la population; un plus grand nombre directs d'industries légères, changements dans les modes d'usage du terrain; une augmentation des possibilités d'éducation (en raison, par ex. de l'éclairage électrique et de la radio) etc.

- pertes de poissons dues à la sédimentation entraînant indirects des pertes économiques pour les pêcheurs commerciaux.

- * Impacts terrestres: peuvent comprendre l'altération de l'habitat de la faune et de la flore (dus aux changements apportés à l'usage du terrain et à la création d'un endiguement), et l'ingérence dans les activités de couvée des oiseaux en raison des bruits de construction. La construction et l'entretien des lignes de transmission peuvent ruiner les formes et la végétation naturelles du terrain et entraver les migrations de la faune.
-

ETAT ACTUEL DE NOS CONNAISSANCES SUR LA GEOTHERMIE RWANDA.

Par KARANGWA Casimir
Directeur Général des Ressources
Naturelles

Résumé :

Peu de chose étant connu sur la géothermie du Rwanda, il sera donné lors de cet exposé.

- Un aperçu général sur la géothermie :
 - Définition
 - Régions (à l'échelle mondiale) favorables à l'exploitation de la géothermie
 - Différentes utilisations de la géothermie
 - Différentes étapes de la recherche géothermique
- Les connaissances actuelles sur la géothermie dans le contexte géologique du Rwanda.

Le présent exposé va relater principalement les généralités sur la géothermie d'autant plus que peu de chose est connu sur la géothermie du Rwanda.

La géothermie c'est la chaleur interne de la terre. Il est un fait, partout sur la terre la température croît depuis la surface vers l'intérieur de celle-ci, elle augmente en moyenne de 3°C pour les 100 m. Ceci est dû à l'état des couches profondes de la terre qui sont très chaudes voire à l'état fondu qui transmettent par convection et par conductivité la chaleur interne du globe vers l'extérieur; ainsi la terre dissipe annuellement de la température avec la profondeur appelés "gradient géothermique" est plus ou moins forte et peut atteindre 15° voire 30°C.

Dans les régions de plats-forme continentales, régions relativement stables de la croûte terrestre, le gradient géothermique a des valeurs proches de 3°C tandis que dans les zones instables de la croûte terrestre, on y observe de valeurs les plus élevées. Parmi ces zones instables où les valeurs du gradient géothermique sont élevées, nous pouvons citer les régions des rides

médio-océaniques dont la plus typique est la médio-Atlantique, les fossés continentaux tels que le fossé de l'ouest de la chaîne des Andes et des montagnes rocheuses, les arcs insulaires (Antille, Alouettiennes) Japon et nombreuses îles du Pacifique.

Des anomalies localisées du Gradient géothermique peuvent exister, liées à une source de chaleur superficielle par exemple un volcan actif, une intrusion récente peu profonde de type granitique ou à une structure d'un fossé d'effondrement communément appelé graben.

L'on comprend donc que ces zones on puisse rencontrer les températures élevées de 150 à 300°C vers les profondeurs variant de 500 à 2.000 m.

Toutefois il ne suffit pas de disposer d'une température élevée pour mettre en place une exploitation géothermique, il faut également des roches poreuses appelées réservoir géothermiques contenant des eaux dites "fluides géothermique" qui ont accumulées au cours du temps la chaleur de la roche encaissante pour transférer cette chaleur vers la surface.

Ce sont ces eaux que l'on exploite par sondage soit sous forme de vapeurs soit sous forme d'eau chauds dans les circuits d'installations géothermiques.

Selon la température du fluide, on distingue 4 types de géothermie; la haute énergie, la moyenne énergie, la basse énergie et la très basse énergie.

- La géothermie haute énergie est caractérisée par des températures de 150 à 300°C.

Directement si elle est surchauffée ou après séparation si elle est humide, la vapeur produite est envoyée dans des turbines pour la production d'électricité ce type d'énergie géothermie est utilisé.

- Italie	(420 MW)
- aux Etats-Unis d'Amérique	(2.000 MW)
- au Philippines	(556 MW)
- Nouvelle Zélande	(170 MW)
- Mexique	(400 MW)
- Kenya	(15 MW)
- Japon, Turquie, Islande	

- La géothermie moyenne énergie est caractérisée par des températures de 80 à 150°C. La température du fluide n'est pas suffisante pour permettre la conversion directe de la vapeur en électricité. Ici l'on est obligé d'utiliser un circuit binaire à fluide volatil (fréon, amonique...) qui grâce à un échangeur thermique est volatilisé par la chaleur de l'eau chaude produite qui est automatiquement réinjectée dans le réservoir.

Ce type d'exploitation est rare (USA, URSS, CHINE) mais il mérite d'être développé dans le proche avenir.

De même la chaleur brute de cette eau peut être utilisée pour la séchage du poisson et des produits agricoles.

- La géothermie basse énergie est caractérisée par les températures exploitables les plus basses: 20° à 60°C. Ces eaux tièdes de faible profondeur sont produites généralement au moindre coût; elles peuvent servir au chauffage des serres, à l'Élevage d'animaux, culture des champignons, alimenter les piscines et pour les faibles températures à la pisciculture.

Différentes étapes de la prospection géothermique

La prospection géothermique comprend plusieurs phases :

- la phase de reconnaissance fait appel à la géologie, à l'hydrogéologie et à l'hydrogéochimie, elle porte sur des grandes superficies quelques dizaines de milliers de km². La géologie permet de mettre en évidence et d'une manière systématique tous les indices superficiels décelables tels que les principale. unités tectoniques (structures géologiques, fractures, graben ...) les principales unités volcaniques avec leur centre d'émission, leur géométrie et la chronostratigraphie c'est-à-dire l'âge relatif des coulées de laves ainsi que les indices d'activité hydrothermale (sources thermales, dépôts de travertin dépôts de silice, zones d'altération hydrothermales) les activités les plus récentes sont datées en âge absolu par K/Ar ou au C 14.

✦ L'hydrogéologie étudie la pluviosité, l'écoulement, infiltration des eaux, les zones d'émergences (sources chaudes ou froides) les zones de pertes et de resurgence, les principaux niveaux aquifères et leur cartographie.

✦ En hydrogéochimie des échantillons d'eau de différents types de la région étudiée, pour lesquels on a pris la précaution de mesurer le débit, la température et l'acidité, sont prélevés et analysés en éléments majeurs, anions, cations, traces et en gaz.

Pour une partie des échantillons on analyse les isotopes de l'hydrogène (deuterium, tritium) de l'oxygène et du soufre qui permettent de déterminer l'origine profonde ou superficielle du fluide.

Le traitement statistique de différentes analyses, le calcul des géothermomètres (si O₂, Na/K, Na/Li) et la cartographie des zones caractérisées par la présence de fuites d'éléments volatils (NH₃, B, F, Cl et ...) permettent de localiser grossièrement un réservoir géothermique éventuel sous-jacent.

- Les résultats de l'étude de reconnaissance permettent de circonscrire une (des) zone (s) relativement réduite (s) environs quelques milliers de km² sur laquelle (lesquelles) portera le 2e phase qui est l'étude de préfactibilité.

L'Etude de préfactibilité comprend des compléments géologiques des compléments géochimiques et des travaux géophysiques sur les zones sélectionnées.

Différentes méthodes géophysiques sont utilisés en fonction du contexte géologiques des zones sélectionnées;

La gravimétrie, l'électromagnétisme, les sondages électriques, la polarisation etc...

Ces mesures dont ressortir la morphologie et la structure du réservoir géothermique et permettent de localiser l'emplacement des petits forages pour la mesure du gradient géothermique.

Avec l'Etude de Factibilité, on fait quelques forages d'essais atteignant le réservoir, grâce auxquels on détermine le débit du fluide géothermal, sa composition chimique et ses caractéristiques physiques (viscosité, température, pression, salinité...), le choix des tuyauteries et les turbines en fonction de l'agressivité du fluide, la mise au point des techniques de traitement ultérieur de fluide et le mode de réalisation du réservoir.

En effet, certains fluides sont fortement chargés en sel minéraux et/ou en acides de façon qu'on ne peut pas les rejeter dans la nature sans porter préjudice à l'environnement. Ces eaux sont réinjectées dans le réservoir, cette réalimentation permet en outre de ne pas vite épuiser le gisement.

La phase d'exploitation commence avec celle de développement où l'on fait de nombreux forages qui permettent d'atteindre la puissance énergétique escomptée. Au cours de cette phase on étudie surtout le comportement du gisement en essai d'exploitation, les caractéristiques du fluide (débit, pression, degré d'humidité de la vapeur...), les solutions de problèmes d'exploitation éventuels (dépôts de silice, de calcaire, corrosion...) et la durée de vie du gisement (l'amortissement des installations n'est possible qu'après une trentaine d'années d'exploitation).

-La phase d'exploitation proprement dite

Durant cette phase on doit suivre de près le comportement du réservoir et des puits d'exploitation.

Détection des variations de production, évaluation des causes et prescription éventuelle de remède.

L'on voit bien que ce schéma de recherche de l'énergie géothermique se rapproche des recherches du pétrole aboutissant à des sondages très profonds; quand à l'exploitation des complexes de surface, elle se rapproche à celle de l'hydroélectricité.

La situation au Rwanda

L'Ouest du Rwanda se situe dans la partie occidentale du système géologique du rift-Est africain.

Le lac Malawi, le lac Tanganyika, le lac Kivu, le lac Idi Amin,

Le lac Sesse Seko résultent d'un alignement d'un fossé tectonique appartenant à ce système de fractures profondes de l'écorce terrestre.

A la faveur de ces fractures profondes, la croûte continentale est nuancée et les effets thermiques profonds se manifestent à faible profondeur parfois même à la surface. Injection de magma, dans les fissures, éruptions volcaniques.

Ces phénomènes des anomalies thermiques superficielles constituent d'excellentes sources de chaleur (pouvant atteindre 800° à 1200°C) qui alimentent des systèmes hydrothermaux (aqui fères) plus superficiels.

Ce sont ces systèmes hydrothermaux qui sont exploités en géothermie haute énergie.

A cet effet on recherche les zones géologiques où coexistent le volcanisme récent et les manifestations hydrothermales (sources chaudes, altération hydrothermale et dépôts hydrothermaux récents).

Le Nord-Ouest du Rwanda est constitué par la chaîne volcanique des Birunga, Frontière avec le Zaïre et l'Uganda. cette chaîne volcanique est active dans sa partie occidentale (Nyiragongo, Nyamuragira).

La région du Sud-Ouest (Cyangugu) est aussi caractérisée par un volcanisme récent.

En plus de ce volcanisme récent, plusieurs sources thermales sont connues au Rwanda, elle se situent au voisinage du Lac Kivu et leur température dépasse parfois 60°C; (Mashyuza: 60°C, Gisenyi (73°C), ces sources thermales les plus chaudes sont situées au voisinage des centres volcaniques récents.

Ceci constitue un indice favorable à une occurrence de champs géothermiques.

De même des dépôts de travertins récents connus au Rwanda (Mashyuza, Gishyita, Ruhondo, Mpenge, Rwaza, Giterere, Masango) constituent des indices d'une activité thermique intense.

Devant le déficit énergétique (électrique) qui se fait présent et devant nos sites favorables à l'aménagement hydro-électrique qui sont limités en nombre et en productivité, nous avons commandé une étude de reconnaissance de nos potentialités géothermiques éventuelles. Cette étude est effectuée par le Bureau de Recherche Géologiques et Minières (BRGM) sur le financement de la Coopération Française. Si les résultats de cette étude de reconnaissance d'avèrent positifs, nous comptons poursuivre les autres étapes de recherches pour les zones qui seraient retenus.

Voici en quelques mots, ce qu'on peut dire sur la Géothermie au Rwanda.

Je vous remercie d'avoir suivi attentivement mon exposé

SYSTEMES PHOTOSYNTHETIQUES ARTIFICIELS
CONVERSION PHOTOCHEMIQUE DE L'ENERGIE
SOLAIRE

Par MURERAMANZI Siles
Professeur Assistant
à la Faculté des Sciences

Résumé

Dans les techniques d'utilisation de l'énergie solaire, un des problèmes majeurs, est le stockage de l'énergie solaire. Nous voulons utiliser l'énergie solaire pour faire une réaction chimique et stocker le produit de la réaction sous forme de combustible. Un système naturel, les plantes vertes convertit l'énergie solaire en énergie chimique, et nous voulons imiter cela en utilisant un système modèle appelé système photosynthétique artificiel.

Nous savons que les plantes vertes captent l'énergie solaire, la convertissent en énergie chimique et stockent celle-ci sous une forme stable. Cette fonction principale est réalisée par l'appareil photosynthétique naturel : "les membranes de chloroplastes".

Au moyen d'un système photosynthétique artificiel, nous voulons mimer la photosynthèse naturelle, c'est à dire que nous voulons utiliser ce système pour convertir l'énergie solaire en énergie chimique et stocker celle-ci sous une forme stable (H₂, NH₃, hydrates de carbone ...). En cas de nécessité d'utilisation, cette énergie serait libérée moyennant la présence des catalyseurs appropriés ou des conditions de t° appropriées.

Une alternative est de trouver un système photosynthétique qui permettrait, au moyen d'une réaction photochimique cyclique de décomposer l'eau en H₂ et en O₂, les autres composés étant recyclés. L'intérêt de cette recherche réside dans le fait que la matière première (l'eau et le soleil) est abondante ou bon marché et que l'on produirait de l'hydrogène qu'on utiliserait comme produit chimique et surtout comme combustible et que du même coup on aurait produit de l'oxygène nécessaire pour brûler ce combustible.

La constitution d'un système photosynthétique artificiel se base évidemment sur nos connaissances sur le processus naturel de photosynthèse.

Permettez-moi tout d'abord de vous rappeler les étapes importantes de la photosynthèse naturelle.

Introduction

A partir de l'eau des sels minéraux, du gaz carbonique de l'air, en présence de la lumière solaire, les plantes vertes synthétisent de l'oxygène et des composés organiques.

La photosynthèse dans les plantes vertes est la plus ancienne et plus efficace pour convertir l'énergie solaire en énergie chimique. Rappelons que le cycle de la photosynthèse naturelle comporte deux étapes :

- une étape photochimique dans laquelle la lumière solaire visible est captée par l'antenna complexe qui la canalise vers deux centres réactionnels appropriés, et enfin elle est transformée en énergie chimique qui apparaît sous forme d'espèces réduites et oxydées. Ces espèces ne doivent pas se recombiner : par sa structure naturelle, la membrane de chloroplastes permet une séparation des charges, ce qui équivaut à émagasiner de l'énergie.
- une étape chimique où l'énergie stockée est utilisée dans une série de "réactions obscures".

Le processus de la photosynthèse naturelle est résumé dans le "schéma Z" postulé par Hill et Bendall. Dans ce schéma deux systèmes photosynthétiques sont couplés en série de telle sorte qu'il y a une distribution ordonnée des molécules de chlorophylle capteurs de l'énergie solaire et un transfert d'électrons entre les deux photosystèmes.

(Le premier donneur d'électrons est l'eau (PS II) et ces électrons vont réduire NADP^+ et finalement CO_2 qui est le dernier accepteur). Si un enzyme appelé hydrogenase est présent, l'hydrogène peut être dégagé lors du processus de la photosynthèse. C'est ce que l'on observe pour les bactéries photosynthétiques.

Si nous voulons mimer la photosynthèse naturelle, nous devons comprendre comment l'antenna complexe et les centres réactionnels sont organisés pour remplir leurs rôles respectifs. Nous devons également comprendre par quel mécanisme la membrane de chloroplaste permet la séparation des charges. L'étape photochimique de la photosynthèse naturelle peut être imitée.

- une substance très sensible à la lumière visible (colorant ou sensitizer) : c'est une substance qui absorbe très fortement la lumière visible et aussitôt qu'elle est portée dans un état excité, c'est un bon donneur ou accepteur d'électrons; mais elle ne réagit pas dans son état fondamental. Cette substance est donc le point de départ du transfert des électrons; elle joue le rôle d'un photocatalyseur et est assimilable aux pigments (PS et PS II) de la photosynthèse naturelle.

En toute rigueur, on pourrait utiliser comme substance photosensible une molécule qui a la même structure et la même organisation pour capter la lumière que les molécules de chlorophylle. Les complexes zinc tétrapyridyl porphyrin possédant une tête hydrophyle et une longue chaîne hydrophobe sont

utilisées. Ces molécules sont plus stables que les molécules de chlorophylle. Cependant la durée de vie de leur état triplet est plus courte que celle des molécules de chlorophylle, et par conséquent leur rendement pour des réactions photochimiques est plus faible;

Un système photosynthétique comprend également :

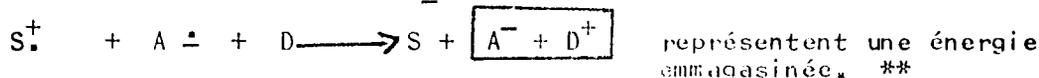
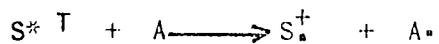
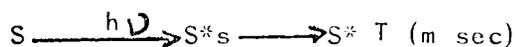
- des donneurs et des accepteurs appropriés d'électrons;
- des catalyseurs appropriés jouant le rôle des enzymes;

Nous voulons utiliser les systèmes photosynthétiques artificiels pour convertir l'énergie solaire en énergie chimique et stocker celle-ci sous une forme stable.

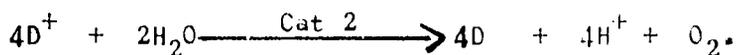
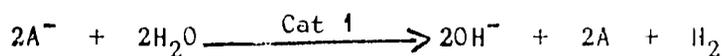
Une alternative est de trouver un système photosynthétique qui permettrait de réaliser une décomposition photocatalytique de l'eau en H₂ et en O₂, les autres composés étant recyclés.

Production photocatalytique de H₂.

L'état excité d'une substance photosensible produit par illumination "catalyse" une réaction rédox où les espèces oxydées et réduites représentent une énergie emmagasinée.



Si le donneur D⁺ et l'accepteur A⁻ ont des potentiels rédox appropriés, ils peuvent oxyder directement l'eau en O₂ et la réduire en H₂, en présence de catalyseurs appropriés.



Cependant, dans des solutions homogènes, la recombinaison de D⁺ et A⁻ pour redonner D + A ne permet pas la conversion photochimique de l'énergie solaire.

Des interfaces qui séparent les produits intermédiaires s'avèrent indispensables.

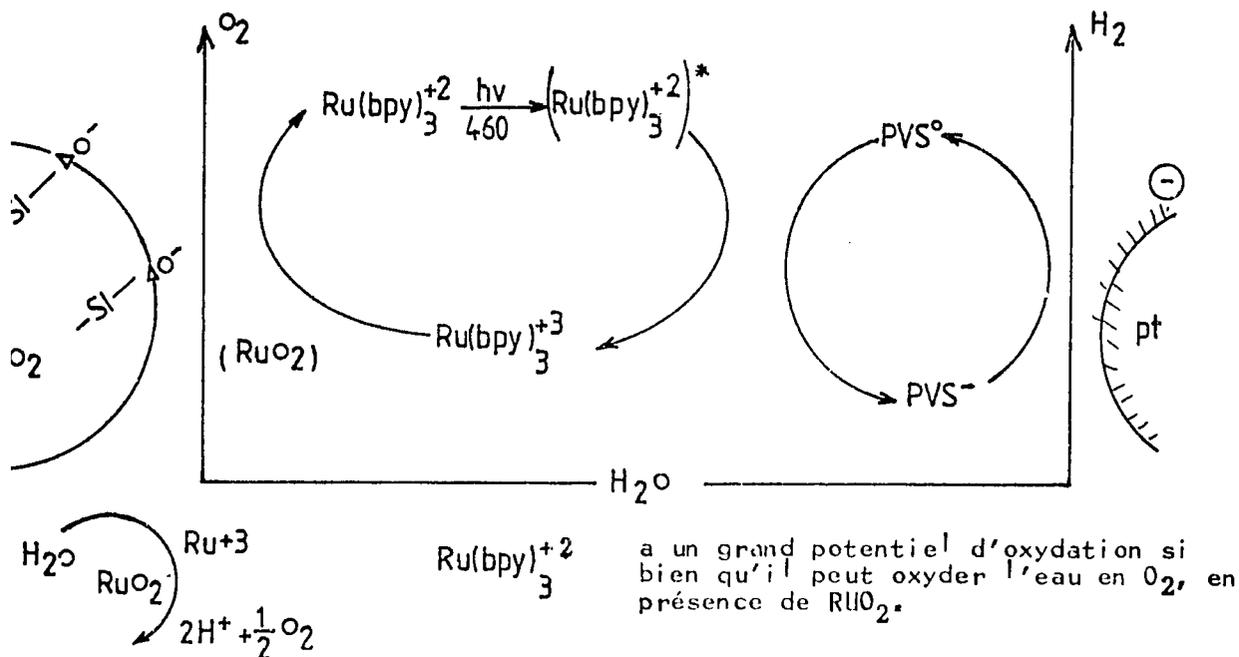
Pour prévenir la recombinaison des charges et pour la compartimentation des réactifs, plusieurs systèmes d'interface ont été utilisés : Micelles, vésicules, particules colloïdales.

** Les espèces oxydées et réduites peuvent être détectées spectroscopiquement.

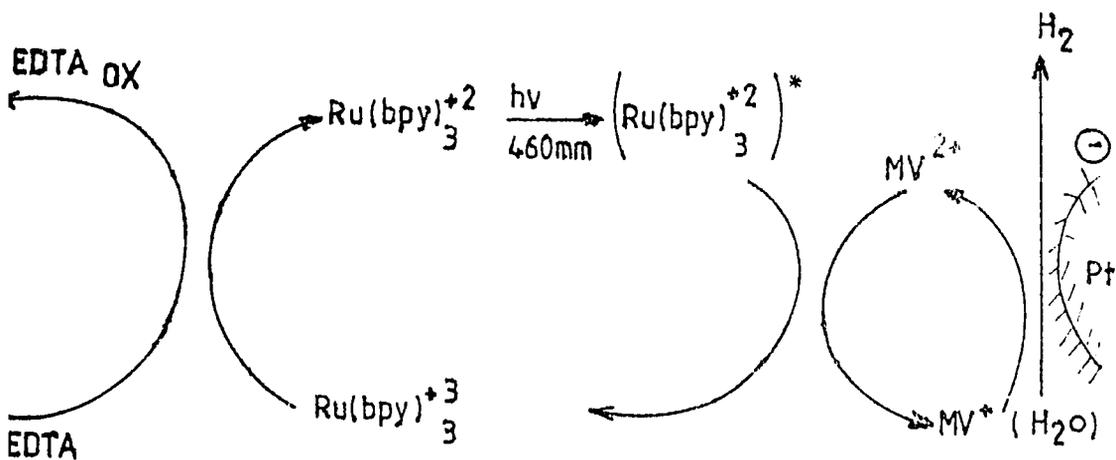
Pour la photodécomposition cyclique de l'eau, on cherche des catalyseurs qui opèrent sélectivement et à un taux élevé.

Pour la production de l'hydrogène, le catalyseur le plus utilisé est un agrégat de particules colloïdales de platine stabilisé par un polymère (le carbowax - 20 M) : pt/carbowax.

Quant à la production de l'oxygène, les oxydes PtO_2 , IrO_2 et RuO_2 peuvent être utilisés. La réaction de photodécomposition de l'eau peut être résumée sur le diagramme suivant :



Etant donné les "difficultés pratiques" pour détecter l'oxygène, nous nous intéressons à la production de l'hydrogène. La réaction photocatalytique de production de l'hydrogène à partir de l'eau peut être résumé sur le diagramme suivant :



L'acide éthylènediamine tétracétique étant un donneur irréversible, la réaction de recombinaison ne se produit pas.

Procédure expérimentale.

Les particules colloïdales de platine sont obtenues par réduction de l'hexachloroplatinate (H_2PtCl_6) par le citrate de sodium. Ensuite l'excès de solvant et de citrate est éliminée au moyen d'une résine échangeur d'ions.

Pour fixer et stabiliser les particules ultrafines de platine, on utilise un polymer; le plus couramment utilisé c'est le carbowax - 20 M -; on obtient de cette façon un catalyseur très efficace.

Appareillage.

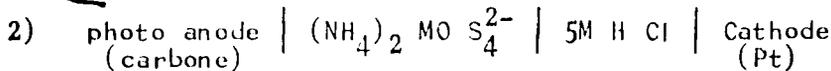
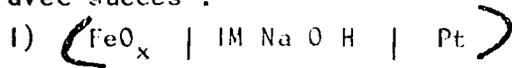
Pour irradier l'échantillon, nous avons utilisé une lampe au xénon et à arc (Oriol 8540 1000 watt xénon Arc lamp) conjointement un filtre interférentiel = 460 nm de façon à exciter la substance photosensible au voisinage de son maximum d'absorption. Signalons qu'avant l'irradiation, nous avons soufflé dans la cellule contenant l'échantillon, de l'argon hautement purifié, de façon à éliminer l'oxygène. L'oxygène étant en effet, un bon accepteur d'électrons, il pourrait agir compétitivement avec des accepteurs utilisés empêchant de se produire la réaction de formation de l' H_2 . Après irradiation de l'échantillon pendant une minute, au moyen d'une microsyringue de Hamilton, nous avons prélevé au dessus de l'échantillon un certain volume de gaz et l'avons injecté, dans un chromatographe en phase gazeuse le varian Model 3700. Ce chromatographe a pour colonne d'adsorption, the "Molecular sieve 5A° Column". L' H_2 en phase gazeuse a été détecté par le détecteur de

conductivité thermique (Gow-Mac thermal conductivity detector). L'argon était utilisé comme gaz vecteur. Les résultats ont été quantifiés en reliant les surfaces des pics à une courbe de calibration. Nous avons déterminé "l'efficacité quantique", c-à-d le rapport du nombre de moles de H₂ à celui des photons utilisés et avons trouvé envi on 7%.

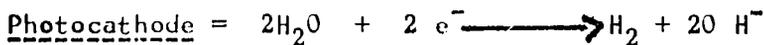
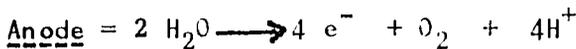
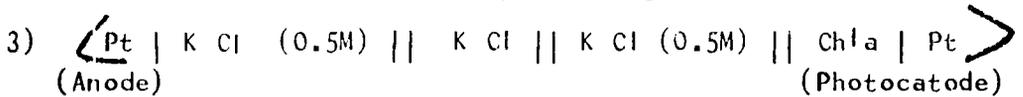
Signalons d'autres méthodes de production de l'H₂ en utilisant l'énergie solaire.

- utiliser des cellules photovoltaïques; produire de l'électricité et ensuite procéder à l'électrolyse.
Seulement le rendement de l'opération est faible
- on pourrait utiliser également des cellules photoélectrolytiques.
Dans ces cellules, l'absorption de la lumière se fait près de la surface d'une électrode d'un semi-conducteur.
Le potentiel résultant de l'irradiation peut conduire à une réaction endothermique.

Les cellules photoélectrolytiques suivantes ont été utilisées avec succès :



Source lumineuse : une lampe à halogène de 1000 watt.



Conclusions et remarques

La production photochimique de l'H₂ nécessite un développement de la technologie :

- Développer la technologie de captage de l'énergie solaire, je veux dire ici la construction de concentrateurs solaires de grande surface utile.
- Le stockage et le transport de l'H₂ posent certains problèmes technologiques : Sans O₂, l'H₂ a une densité très faible.

Il existe deux méthodes de stockage :

Méthode physique :

- gaz à haute pression
- Hydrogène-liquide

Méthode chimique :

- Avec l'ammoniaque liquide
- Méthode des hybrides

(Ca H_2 , Al H_3), ici H_2 est adsorbé sur un métal et sous certaines conditions de t_0 , il peut être désorbé et une certaine quantité de chaleur est récupérée.

Des Spécialistes tels que HARRIGAN ont montré que la production photochimique des combustibles ne pourrait être économique qu'en adoptant la méthode de stockage par hybrides, laquelle peut donner également une énergie thermique; dans ce cas là le transport serait, cependant difficile.

BIBLIOGRAPHIE

1. BOLTON, J.R., and Hall, D.O. , Ann. Rev. Energy (1979)
Vol. 4 (353 -401)
 2. CALVIN, M., Simulating photosynthetic Quantum Conversion,
Accounts of chemical Research,
Vol. 11, pp. 369-374 (1978)
 3. WILLNER, I., Jer - Ming Yang, Colja Laane, OTVOS, John W.,
CALVIN M.,
Journal of Physical Chemistry,
Vol 85, 3277 (1981)
 4. CALVIN MELVIN, Synthetic Chloroplasts,
Energy Research,
Vol. 3, 73-87 (1979)
 5. Conférence Internationale sur l'Hydrogène.
PASADENA, Los Angeles - CALIFORNIE
U.S.A., 13 - 17 Juin, 1982
-

Chapitre VI :

CINQUIEME SESSION

ENERGIE ET ENVIRONNEMENT

1. Pollution des Energies Conventi^onnelles
Par Robert CHOME
 2. Possibi^lités d'utili^sation des résidus de la digestion
méthanique dans la ferti^lisation des so^ls au Rwanda.
Par NDOREYAHO Valens
 3. Perspectives du biogaz au Rwanda
Par MUNYANGAJU Gabriel
 4. Protection et Conservati^on des ressources nature^lles
Par ZIGIRABABILI Joseph
 5. Educati^on Environnementale
Par TWAGIRUMUKIZA Joseph
 6. La légis^lation sur l'environnement
Par MUKAYIRANGA Landrada
 7. Renewab^le Energy and CAMERTEC experience (traduit en français)
By STEVEN KITUTU
-

POLLUTION PAR LES ENERGIES CONVENTIONNELLES

Par R. CHOME
Société MERA

KIGALI

En dehors des feux de bois pour la cuisson, il n'y a qu'une faible densité de consommation énergétique au RWANDA. La pollution est donc faible. Seul, le point 9 concerne vraiment le pays.

Pollutions possibles :

1. Dangers en risque de vie humaine à la production important pour le charbon et le pétrole.
2. Dangers lors du transport : pollution des mers par pétroliers échoués.
3. Nuisance en surface d'occupation du sol pour la production élevée pour l'hydro-électricité.
4. Dangers dus à la centralisation de l'énergie, d'où fragilité contre les pannes et sabotages.
5. Emissions de particules et SO₂ pour le charbon, le pétrole, le bois.
6. Emission de NO_x, perturbation du cycle du carbone : pour le charbon, pétrole, bois, nucléaire. Le N₂O peut participer, par réaction chimique à la destruction de l'écran d'ozone qui nous protège des rayons ultra violets du soleil.
7. Pollution radio active : charbon, et surtout nucléaire (exploitation et déchets).
8. Pollution thermique et CO₂.

Toute les combustions de charbon, pétrole, bois gaz et nucléaire dégage de la chaleur à cause d'une réaction chimique exothermique. Tandis que les énergies du soleil, du vent (éolienne), hydrauliques, géothermiques ne font que concentrer en un point utile de l'énergie déjà présente dans la nature, pour libérer après emploi la même quantité de calories que si il n'y avait pas usage par l'homme. Les combustibles, outre le chauffage direct, entraîne un chauffage indirect par effet de serre à cause de la production de CO₂ qui se propage dans l'atmosphère.

Le chauffage de la terre entraînerait diverses conséquences dont la fonte des glaciers terrestres et polaires provoquant d'importantes inondations dans les pays des bords de mer.

9. Désertification.

La suppression des forêts par l'usage intensif du bois de feu entraîne des perturbations dans le climat et la diminution des pluies.

Eviter la pollution due aux Energies Conventionnelles constitue un des attraits des Energies Nouvelles. C'est ce qui justifie l'insertion dans un Séminaire sur les Energies Nouvelles de quelques mots sur le charbon, le gaz, le pétrole et l'électricité d'origine thermique ou nucléaire.

Heureusement, le Rwanda est favorisé en ce qui concerne la pollution par les Energies. Les nuisances sont surtout la rançon de la haute concentration d'industries dans un périmètre réduit.

Passons néanmoins rapidement en revue l'ensemble de ces nuisances, notamment comme mise en garde en fonction de l'avenir.

I. Il y a d'abord les nuisances liées à la production d'énergie:

- 1) L'extraction de minerais de charbon et de gisements de pétrole a déjà coûté de nombreuses vies humaines. Quand le pétrole est extrait en mer, et qu'une fuite se manifeste, on déverse des quantités importantes d'un produit qui tue la faune et la flore des océans et des côtes. Il en est de même lorsqu'un bateau transporteur de pétrole coule ou s'échoue. Il y a des exemples récents de véritables catastrophes écologiques au Mexique par un puits de pétrole s'écoulant librement en mer et en Bretagne par un pétrolier échoué.
- 2) La production d'hydroélectricité a aussi ses méfaits et ceci peut concerner le Rwanda: la surface des barrages peut éliminer de bonnes terres, et les plans d'eau artificiels risquent d'être un lieu de prolifération de moustiques par exemple.
- 3) Les sources conventionnelles sont souvent fortement centralisées alors que les installations solaires, de biogaz, les éoliennes sont généralement destinées à une consommation locale d'énergie. A l'opposé, les centrales nucléaires mais aussi beaucoup de centrales classiques ont des tailles inhumaines. Cette concentration entraîne des risques élevés, des dangers de sabotages, des conséquences importantes en cas de panne et une nécessité de transports à longue distance. Ces transports d'énergie peuvent aussi constituer une nuisance pour l'environnement.
- 4) L'énergie nucléaire a, de plus, tous les dangers liés à l'émission de radio activité, notamment lors de l'évacuation des déchets.

II. D'autres pollutions apparaissent lors de l'usage d'énergies sous forme de combustion, y compris lorsque cette combustion est utilisée pour transformer une énergie primaire en électricité.

A) La combustion du charbon, du pétrole, du bois entraîne

1. l'émission de particules qui remplissent l'air de poussière,
 2. l'émission de N_2O qui peut participer par réaction chimique à la destruction de l'écran d'ozone qui nous protège des rayons ultra violets du soleil.
 3. l'émission de résidus sulfureux SO_2 , qui acidifient les pluies. Il paraît que cela empêche notamment l'assimilation normale par les racines des arbres du calcium et du magnésium dont ils ont besoin. Ce serait un problème grave pour certaines forêts européennes ces dernières années.
 4. l'émission de CO_2 . Si le CO_2 n'est pas toxique en lui-même, il constitue un écran pour la chaleur de la terre et provoquant un effet de serre qui réchauffe la surface du globe en piégeant l'énergie solaire reçue. La teneur en CO_2 a augmenté de 10 % dans l'atmosphère depuis un siècle. Si le phénomène s'accroît, on risque de fondre les glaciers et les continents polaires, et d'élever les océans de plusieurs mètres. Heureusement, le Rwanda ne doit rien craindre sur son territoire, mais subirait les conséquences de perturbations mondiales.
- B) Enfin, toutes les combustions provoquent directement un dégagement de calories à cause des réactions exothermiques. Et il y a le même danger de pollution thermique qu'on vient de citer, mais cette fois produite sur le sol par l'homme. L'utilisation de l'énergie solaire ou de ses dérivés (le vent, l'énergie hydraulique, ...) ne présente pas cet inconvénient: une cuisson ou le chauffage d'eau à partir du soleil consiste à capter des rayons du soleil et les concentrer dans un endroit qui nous intéresse. Ensuite après usage, les calories sont remises à l'atmosphère par un détour ou l'autre. On remarquera toutefois que cette chaleur est exactement la même que celle qui a été prélevée quelques heures auparavant à quelques mètres de là. Rien n'est donc perturbé par rapport à ce qui se passe depuis des siècles. Tandis que toute combustion fait naître de la chaleur à partir d'un morceau de bois ou d'un peu de pétrole qui serait sinon resté froid. On réchauffe donc le globe mais parfois aussi un environnement restreint avec des conséquences plus immédiates comme par exemple lorsqu'une centrale électrique réchauffe toute une rivière en utilisant son eau pour le refroidissement des générateurs. Heureusement encore pour le Rwanda, se sont surtout les pays les plus industrialisés qui doivent craindre cette pollution. Le quart du monde, le plus industriel, consomme en effet environ 10 fois plus d'énergie par habitant que les 3 autres quarts du monde. Toutefois, la densité de population du Rwanda provoque une consommation d'énergie au km^2 qui se rapproche de certains plus industriels mais peu peuplés. Il est vrai qu'au Rwanda, la répartition est homogène et la

pollution suffisamment diluée.

- III. Enfin, il faut parler des foyers à bois puisque c'est à la fois une énergie conventionnelle et de loin la forme d'énergie la plus utilisée au Rwanda.

Les fumées dégagées d'une part et la chaleur d'autre part constituent des sources de pollution. Mais la densité reste suffisamment faible et on ne peut pas parler de problème grave. Par contre l'usage du bois, et encore plus de charbon de bois, entraîne la suppression des forêts. C'est sans doute la pollution la grave mais ce sujet a déjà été traité largement par ailleurs.

- IV. En conclusion, à part ce dernier point, rien de grave pour l'instant. Il faut seulement rester vigilant pour l'avenir et prévoir une législation contre la pollution aussi bien pour l'énergie que pour toute activité. On évitera ainsi les désagréments d'atmosphères irrespirables, de cours d'eau transformés en égouts.

La dépollution intelligemment conçue n'est pas toujours coûteuse. Dans certains cas, la dépollution permet de produire de l'énergie par récupération des déchets.

Les eaux très polluées sortant de la clarification des usines d'huiles de palme peuvent être traitées par méthanisation: la diminution du taux de pollution (exprimée en DBo) se réalise en produisant en même temps du biogaz. Des exemples existent en Malaisie et bientôt au Nigeria et au Togo.

L'OVI BAR de Kigali a aussi décidé de traiter ses déchets par méthanisation et peut espérer obtenir un millier de m³ de gaz par jour: ce n'est pas négligeable.

Le compactage de la parche de café et de la balle de riz, matière déversée précédemment sans intérêt pour personne et encombrant des surfaces de décharge (ce qui est aussi une pollution), constitue un autre exemple de traitement utile de déchets.

POSSIBILITE D'UTILISATION DES RESIDUS
DE LA DIGESTION METHANIQUE DANS LA
FERTILISATION DES SOLS AU RWANDA

Par NDOREYAHU Valens
Faculté d'Agronomie
Université Nationale
du Rwanda,
6.P. 117 BUTARE

I. Introduction

Un des secteurs que le manque d'énergie risque de frapper durement est l'agriculture. En effet, outre l'utilisation des machines agricoles, la fabrication des engrais minéraux requiert également une forte consommation d'énergie. Or l'utilisation de ces engrais ne cesse d'augmenter. En 1949, i.e. la consommation mondiale des engrais azotés était de $3,4 \times 10^6$ t; en 1974 elle s'élevait déjà à 40×10^6 t, soit environ 12 fois plus. Depuis la crise du pétrole de 1973 et les années suivantes, le prix des engrais n'a cessé de galoper. Les pays en développement, en l'occurrence le Rwanda et en particulier le paysan rwandais, ne peuvent pas de ce fait satisfaire leurs besoins en engrais. Or ces pays sont confrontés aux problèmes de nourrir leurs populations alors que les sols produisent de plus en plus moins. Dès lors il faut chercher des solutions "alternatives" en matière de fertilisation des sols si on veut répondre à l'objectif de tout pays, celui de satisfaire les besoins alimentaire de sa population. Un des moyens à développer seraient l'utilisation des engrais biologiques et des résidus de biogaz.

II. Résidus de biogaz comme matière fertilisante

Les efforts déployés ces dernières années pour déterminer la qualité du biogaz issu de différentes matières organiques ne se sont pas toujours accompagnés du souci de connaître la qualité de ses résidus en éléments nutritifs pour la plante et leur pouvoir d'améliorer les propriétés du sols. D'après les travaux de la "National Academy of Sciences (1977) la matière organique introduit dans le digesteur perd 70% de son poids après le processus de méthanisation mais conserve sa teneur en azote à 99% dont 74% sous forme ammoniacale et 81,2% sous forme organique. Selon les travaux de l'atelier international sur le biogaz, tenu à Bremen (R.F.A.) du 16 au 20 Mai 1979, la concentration de l'azote de biogaz est de l'ordre de 1,5% N. dans les résidus contre 0,75% dans le fumier.

BORDA (Bremen Overseas Research and Development Association) arrive à des conclusions intéressantes pour la qualité fertilisante des déchets de biogaz. En effet, cette association affirme que l'utilisation des résidus de biogaz en Chine augmente les rendements du blé de 13,6%, du maïs de 16,9%, du riz de 9,4% du coton de 20,2% et de la patate douce de 18,8%. En outre, les résidus de biogaz améliorent les propriétés physico-chimiques du sol en augmentant la teneur de l'humus lui-même favorisant, i.e. la rétention de l'eau et l'aération du sol, diminuent considérablement l'érosion du sol, le lessivage et la fixation de certains éléments nutritifs pour la plante.

Enfin les résidus de biogaz sont libres à 90% de germes pathogènes et de graines de mauvaises herbes, effet de la température ambiante dans une fermentation anaérobie de la matière organique, qualité qu'on n'atteint pas souvent dans le compost habituel.

Il faut ajouter que les résidus de biogaz sont riches en azote et particulièrement en potassium.

Il faut également signaler que les résidus de biogaz peuvent être utilisés comme engrais juste avant le semis, puisque les éléments y contenus sont vite libérés pour la nutrition des plantes contrairement au compost habituel qui doit d'abord subir une humification de la matière organique, suivie d'une minéralisation libérant enfin les éléments minéraux y contenus.

III. Possibilités d'utilisation des résidus de biogaz dans la fertilisation des sols au Rwanda.

III.1. Matière première

Le Rwanda, pays essentiellement agricole, connaît chaque année deux saisons de culture, qui laissent des quantités considérables de déchets de récoltes, tels que les tiges de maïs et de sorgho, les fanes de haricots, de soja et de pommes de terre, les déchets de pulpage du café, etc...

Outre ces déchets de récoltes, il y a des excréments des animaux et ceux des humains.

En effet, même si un niveau de l'élevage. Le Rwanda est en régression, cependant les têtes de bétail encore existant et surtout l'intensification du petit élevage laissant suffisamment de fumier dans le milieu rural pour justifier la rationalisation de son utilisation.

Chaque Préfecture du Rwanda possède au moins une école secondaire, une prison et un centre urbain. Ceci veut dire qu'il y a une certaine concentration humaine dans chaque Préfecture qui produit de la matière organique facilement récupérable.

Si l'on considère qu'à l'Université Nationale du Rwanda - Campus Universitaire de Butare, par exemple on a une population de + 900 étudiants, et que un adulte produit par an $\pm 0,25$ t de matière organique, on aura par an 168,75 t de matière organique. Si on utilise cette matière première dans un système de biogaz, le campus

de Butare pourrait s'auto-suffire en énergie utilisée à la cuisine par exemple et produire 50,25 t de résidus de biogaz (30% de la matière organique) contenant environ 320 kg d'N, 29 kg de P, 124 kg de K et 574 kg de NaCl (Academy of Science, 1977 p.41). Les 320 kg d'azote équivalent à 1524 kg de $(NH_4)_2SO_4$ à 21% d'N. Si on évalue un kg de $(NH_4)_2SO_4$ à 100 Frw, cela reviendrait à 152.400 Frw qu'on épargnerait en utilisant la matière organique des homes de l'Université. Une ville comme Kigali devrait pouvoir fournir suffisamment d'engrais organiques aux paysans l'environnement.

Tableau 1

Composition chimique des excréments humains (excréments + urines) en pour cent.

Eau	M.O	cendres	N	P	K	NaCl
95	3.4	1.6	0,57	0,052	0,22	1.02

Source : National academy of science
Washington, D.C. 1977.

III. 2. Utilisation actuelle des différents déchets

Ces différents déchets sont encore utilisée d'une façon irrationnelle. Dans certaines régions, où les besoins énergétiques sont fortement ressentis, la bouse de vache séchée et les différents déchets de récolte sont utilisée comme combustibles devant fournir l'énergie à la cuisson des aliments.

Ou bien alors ils sont utilisés dans l'agriculture soit directement par enfouissement des résidus de récolte et du fumier frais soit sous forme de compost. Ce dernier est généralement mal préparé et perd parfois jusqu'à 50% de l'azote y contenu lorsqu'il s'agit surtout du fumier des étables.

Quant aux excréments humains, ils demeurent encore un domaine plus ou moins tabou au Rwanda et pourtant chacun sait combien se développe vite une souche de bananier plantée sur l'emplacement d'une vieille latrine.

IV. Perspectives d'avenir

L'utilisation de la biomasse comme source d'énergie doit s'accompagner de la réflexion sur l'utilisation des résidus de biogaz. La biomasse utilisable ne devrait pas comprendre les seuls déchets de récolte mais devrait s'étendre sur les excréments animaux et humains ainsi que sur les plantes à haute capacité photosynthétique telles que les jacinthes d'eau, les algues, les aspyrilla etc... une fois ce pas franchi, il faudra sensibiliser et éclairer le paysan sur la façon rationnelle d'utiliser le biogaz, mais également

les résidus de biogaz qui lui permettront, tout en ayant de l'énergie d'améliorer la fertilité de son champ et par là produire plus par unité de surface et donc d'augmenter son plus-value. Il faudra également songer à l'utilisation des résidus de biogaz non seulement dans la fertilisation des champs mais également dans l'alimentation du bétail et du poisson. Cette technologie est déjà connue dans la tradition de biogaz.

Dans un avenir pas très lointain, il faudra également penser à la fabrication d'engrais organiques à partir des résidus de biogaz. En effet, les résidus de biogaz peuvent être enrichis d'éléments minéraux faiblement y représentés tels que le phosphore, conditionnés (séchage, mouture, etc...) et emballés pour les besoins de commercialisation.

V. Traitement des résidus de biogaz

Le bon fertilisant des résidus de biogaz dépendra fortement de leur traitement au sortir du digesteur.

En effet, les éléments nutritifs, en particulier l'azote, peuvent se perdre, si au sortir de digesteur, les résidus sont laissés à l'air libre et au soleil.

Au sortir du digesteur, processus de décomposition de la matière organique ne s'arrête pas et l'azote se trouve de plus en plus sous forme de NH_4 .

Ce dernier, au contact avec l'air libre et du soleil se transforme en NH_3 qui se volatilise.

Il faut dès lors recueillir les résidus de biogaz dans des fosses bien fermées, conçues de telle manière qu'on puisse y puiser pour les épandre en champs. Une fois épandus en champs, il faut immédiatement les enfouir avant que le même azote ne se volatilise.

VI. Conclusion et recommandation

En guise de conclusion, il y a lieu de constater qu'au Rwanda, on trouverait suffisamment de matière première pour envisager la production de gaz par méthanisation de la matière organique.

Les résidus de méthanisation constituent un engrais organique de grande valeur. Cependant jusqu'à présent, cet engrais n'a pas fait l'objet d'une grande attention comme l'a été le gaz produit.

Il est dès lors à recommander que des recherches soient envisagées pour déterminer la qualité de ces résidus dans le contexte environnemental du Rwanda.

Il faut penser à déterminer le mode de stockage et d'emploi appropriés pour éviter les pertes éventuelles des éléments nutritifs y contenus. Il faut également envisager la fabrication d'engrais organiques à base de résidus de biogaz afin d'en faciliter l'accès à tous les cultivateurs du Rwanda.

Il faut sensibiliser ces derniers et les éclairer quand à leur utilisation au même titre qu'on le fera pour le gaz produit.

JE VOUS REMERCIE

PERSPECTIVES DU BIOGAZ AU RWANDA

Par MUNYANGAJU Gabriel
A.I.D.R.- B U T A R E

L'énergie est un besoin de base, toute chose a besoin de l'énergie pour vivre, fonctionner. L'énergie est à la base de tout et contrôle toute activité humaine et naturelle. C'est un facteur indispensable à tout développement économique et sociale.

Mais que se passera -t-il si l'offre ne correspond pas à la demande ?
Le Rwanda pourra -t-il échapper à temps ou risquera -t-il de s'enliser dans ces procédés inefficaces (sur le plan énergétique) et destructeurs ?



Introduction

Parmi les problèmes que connaissent notre pays, le problème de l'énergie est malheureusement une réalité actuelle.

La principale source d'énergie a toujours été et demeure le bois.

Avec une consommation annuelle en bois de feu, de $50 \cdot 10^9$ MJ, celui-ci représente près de 94% de nos besoins énergétiques.

Mais le drame est que dans l'ensemble du pays, les réserves vont en s'épuisant et dans certaines cas, sont presque inexistantes.

Les projections pour 1990 sont noires! Mais que faire si nous savons que le reboisement figure au premier rang des priorités nationales. Un effort non négligeable a été accompli ces dernières années dans ce sens là et sûrement qu'on doublera de rigueur en cette année dit : "Année de l'arbre".

Mais, pour arriver à une situation stable sur le plan énergétique, le reboisement seul ne suffit pas à court terme. Il est indispensable que le reboisement soit appuyés par d'autres mesures.

Ainsi pour diminuer la pression sur les réserves existantes et à venir et permettre ainsi à l'effort de reboisement de porter ses fruits: il faut à tout prix et très vite mettre sur pied un programme vigoureux dont les objectifs sont les suivants :

- 1) Réaliser des économies par une meilleure utilisation de l'énergie actuellement disponible.

Cela n'est possible que par l'insertion de cuisinières à rendement amélioré, des ustenciles adaptés (casseroles à pression).

- 2) Diversifier les ressources, en utilisant d'autre type de combustible (ex.: Tourbe, paille de café) ou d'autre source d'énergie (ex. solaire, hydraulique, biogaz etc...).
- Les trois mesures doivent être menées de front, si on veut aboutir à des résultats concrets.

Notre exposé concernera le troisième point et tout particulièrement le BIOGAZ.

Le biogaz est un substitut au bois, surtout en cette période difficile.

Mais beaucoup de gens, à tort ont souvent tendance à ne voir dans le biogaz que dans le cadre strictement énergétique.

Or le biogaz dépasse ce cadre là et intervient parallèlement à d'autre niveau :

- 1) Niveau agronomique
- 2) Niveau Santé Publique
- 3) Niveau écologique

Il en est de même pour d'autre source d'énergie ou type de combustible (ex. tourbe, bois ...).

C'est pourquoi nous pensons, qu'une réflexion au sujet de l'affectation optimale de nos ressources naturelles (BIOMASSE) doit être menée; car elle est d'une importance capitale.

Nous n'en débattons pas, au cours de cet exposé.

Integration de biogaz au Rwanda :

Expérience A I D R

Nous l'examinons dans le présent exposé, un certain nombre de digesteur construit par l'AIDR, en milieu Rwandais.

L'AIDR a réalisé depuis 1981 cofinancement avec la commission des Communautés Européenne et en collaboration avec le Centre d'Etudes et d'Applications de l'Energie au Rwanda (-CEAER-) une serie de digesteur en milieu rural et agro-industriel.

Ce travail a conduit à la mise au point de trois type de digesteur, différent de par leur configuration ou par le type de materiau utilisé soit :

- 1- Les digesteurs dur (type GAJU)
- 2- Les digesteurs semi-dur
- 3- Les digesteurs souple

Digesteurs de type GAJU

Caractéristiques

C'est un inspiré du modèle en application en République Populaire de Chine. La caractéristique essentielle réside dans le stockage et la mise sous pression du biogaz sous un dôme en maçonnerie.

Nous reviendrons sur l'intérêt de la mise sous pression du biogaz et signalons que la construction du dôme implique un savoir faire qui est en fait rapidement assimilé par un maçon de bon niveau.

La nature des matières introduites dans ce type de digesteur doit être dépourvu de substances pelliculeuses ou ligneuses. Donc déchets "liquides" surtout ceci en raison de la fermeture du dôme qui empêche les visites régulières dans la masse en digestion.

L'AIDR et le CEAER ont construit une série de digesteur de ce type pour des volumes de 0 à 16 m³ en ce qui concerne l'AIDR. En fait il s'agit d'un type de digesteur qui peut convenir à des ménages comme à des petites Communautés.

Réalisation

Nous avons réalisé 4 digesteurs de ce type. Ils sont actuellement en fonctionnement, et un 5^e est en cours de construction.

Ces digesteurs ont été construits successivement et selon des objectifs précis.

Voici les plans des quatre digesteurs et les objectifs qui avaient été poursuivis au fur et à mesure.

1^o) Save I (GAJU)

L'objectif premier = maîtrise de la construction du dôme. Après ça, on a été amené à la mise au point d'un brûleur bon marché, de fabrication locale (brûleurs boîtes de conserves, ou des modèles en terre cuite).

A partir des essais sur plusieurs modèles on a pu établir des caractéristiques d'un modèle performant. Le rendement peut atteindre 50%, si certaines conditions sont prises, mais en moyenne on tourne autour de 40% à 45%. (caractéristique technique cfr annexe)

2^o) Sebusore

Nous avons cherché à

- 1) Minimiser les coûts de construction.
On remarque la différence de l'épaisseur des murs.
- 2) Stocker sous pression (fermeture avec une touque dans un joint hydraulique)

3) Casimir

- Digesteur construit en collaboration avec le CEAER selon le plan de BORDA. On remarque l'importance du dôme. Nous cherchons un autre modèle et souhaitons avec le CEAER établir une comparaison de prix avec les deux modèles précédents.

- Fermeture, ou trou de visite, par une dalle en béton (Stockage sous pression).

- Remarque:
- 1) Suite à un glissement de terre ce digesteur s'est fissuré (selon une génératrice) Il est réparé.
 - 2) Grâce à l'utilisation d'une casserole à pression, on a constaté, qu'on peut atteindre l'autonomie énergétique avec un digesteur de 5 m³. (Le cap du haricot a été ainsi tranchi) (caractéristique technique cfr annexe).

4) Shyanda

Il s'agissait de concrétiser la synthèse des essais que nous menions sur ce type de digesteur et définir dès lors un modèle quasi optimal.

Le type d'alimentation est différent. Il s'agit des contenu de pauses (Abattoir).
Le problème de croûte est réel avec ce type de matière.
Mais à la longue la croûte s'élimine d'elle même (expérience sur le digesteur SAVE I).

Si ça ne marche pas avec ce type de matière du moyen mécanique sera envisagé.
(Caractéristique technique cfr annexe)

Digesteur Semi-dur

Caractéristique

Cette deuxième est l'évolution du premier.
On supprime le dôme en maçonnerie et on le remplace par feuille de matériaux plastique moins coûteux.

Mais le plastique souple ne permet pas de stockage du gaz sous-pression.

Pour résoudre ce problème, deux moyens :

- 1) usage de caisson lesté (déposé sur le plastique souple.)
- 2) utilisation d'un surpresseur à gaz.

Ce type de digesteurs autorise de fréquentes ouvertures : d'où la diversité du type de matières qu'on peut y remettre (les matières "liquides" ou des substances pailleuses ou ligneuse).

Réalisation

Alimentation : on utilise la litière pailleuses venant de l'étable. Il y a eu un problème de croûte et qu'on a résolu par arrosage.

Un effet de serre a été réalisé, mais sans incidence sur la température de la masse en digesteur.

Problème au niveau du bénéficiaire peu motivé et d'a priori au niveau des utilisateurs (boy).

(Caractéristiques techniques cfr annexe).

5) Gisagara

L'apport extérieur de calorie (chauffage solaire) s'est révélé inefficace faute d'isolation peu soignée.

L'handicap majeur est dû au manque de motivation du bénéficiaire (CERAI). (Problème d'intégration).

(Caractéristiques techniques cfr annexe).

Save II

Comme les deux premiers, ce digesteur été à l'origine discontinu. Ce système s'est avéré inadapté et a conduit à les transformer en continu.

En effet, ce système d'alimentation demande beaucoup de travail en peu de temps; ce qui décourage pas mal de gens. Cela n'est pas le cas du digesteur continu.

(Caractéristiques techniques cfr annexe).

Digesteur en Plastique souple (PLS)

Caractéristiques

C'est l'évolution totale des deux premiers : tout est remplacé par un matériau plastique.

Son prix très bas, sa mise en oeuvre facile et rapide plus économique. Ses volumes sont pratiquement illimités. Mais la grande inconnue reste sa durabilité. Du fait de sa fragilité, il ne peut subir trop de manipulation. D'autre part il existe des plastiques plus durs mais plus cher et plus lourd.

Un petit surpresseur à gaz (électrique ou manuel) est indispensable car on ne peut pas y mettre des poids pour faire de la pression.

Réalisation

1) Konfigi (petite industrie agro-alimentaire confiturerie).

Matière utilisée: déchets de fruits utilisés pour la préparation des confitures (pelules d'ananas, papaye, fraises etc...).

Pas de problème de croûte. L'effluent alimente une compostière (le fumier est récupéré par les coopérateurs).

Le gaz doit être utilisé en remplacement du bois de chauffage.

2) OVIBAR (Industrie agro-alimentaires).

Alimentation : Pelules de bananes. Des essais de méthanisation ont été réalisés sur ce type de matières et décelé un danger d'acidification de cette matière alors que les tiges, les feuilles de bananiers n'ont pas ce problème là.

Il faut donc trouver un taux de dilution qui minimise ce danger. Grâce au biogaz OVIBAR peut revaloriser ses déchets en tant que engrais. Les risques de pollution sont aussi minimisé cela est important surtout dans les abattoires, les huileries etc...

Le biogaz sera utilisé pour chauffer l'eau destinée au nettoyage de bouteille.

Perspectives du BIOGAZ au RWANDA

Le paysan rwandais (disposant d'un faible revenu) a du mal à satisfaire ses besoins énergétiques.

Cette situation est néfaste sur le plan de répercussions de l'agriculture de par :

- 1) l'utilisation des déchets végétaux et animaux pour la cuisson.
- 2) le temps perdu à la collecte du bois.

Le biogaz au niveau de la famille permettrait la couverture totale des besoins énergétiques, tout en se valorisant très efficacement sur d'autres plans :

I) Sur le plan de l'agriculture :

Valorisation de la biomasse disponible.

II) Sur le plan de la santé publique :

Assainissement des rejets d'installations sanitaires, surtout en cette période de recrudescence de la bilharziose.

III) Sur le plan de l'environnement :

Effet depollutoire de la méthanisation (notamment dans les abattoires, huileries...)

IV) Au niveau social :

Amélioration des conditions de vie (gain de temps, salubrité accrue etc...).

Ces quatre aspects très difficiles à qualifier intérieurement de façon importante dans l'économie d'un pays.

Sur le plan d'une famille de 6 personnes, un digesteur de 6 m³ suffit pour couvrir les besoins énergétiques.

Il revient s'il est construit en matériaux durables à 50.000 Frw (hors encadrement et suivi technique).

Pour chaque digesteur de ce type, on fait une économie de 1 ha de boisement sur pied.

L'intérêt est donc évident, mais un handicap subsiste, à sa vulgarisation : son prix élevé.

Vue que l'intérêt de la technique elle-même et son acceptation sociale au niveau locale il nous semble qu'une politique de subvention serait souhaitable.

A 1

FICHE TECHNIQUE

1 DIGESTEUR SAVE I

SITUATION Commune Shyanda (Préfecture BUTARE)

Date MISE EN ROUTE Fin 1981.

MATIERES A DIGERER 40 à 50 kg de bouses de vaches par jour à 19% MS

BESOINS ENERGETIQUES 8 à 18 kg de bois par jour pour la cuisine.

EQUIVALENT BIOGAZ 700 l/jour

TYPE DE DIGESTEUR GAJU continu

VOLUME 10 m³STOCKAGE DU GAZ Ballon plastique souple de 3 m³.

PARAMETRES DE GESTION : T° 21° C

θ 120 jours

DILUTION 60 l d'eau par jour

PRODUCTIONS RELEVÉES 1500 l/jour à 3000 l/jour

185 l/kg MS. à 370 l/kg

USAGE DE L'EFFLUENT directement sur les cultures

UTILISATION DU GAZ cuisine familiale

A 2

FICHE TECHNIQUE	I DIGESTEUR SEBUSORE
SITUATION	Commune RUHASHYA (Prefecture BUTARE)
DATE MISE EN POUTE	debut juillet 1982.
MATIERES A DIGERER	bouse de 12 vaches, soit environ 100 kg/jour à 19% MS la litière passe directement dans la compostière.
BESOINS ENERGETIQUES EQUIVALENT BIOGAZ	cuisine de 2 familles dans la compostière pas de données quantitatives.
TYPE DIGESTEUR	GAJI continu
VOLUME	11 m ³
STOCKAGE DU GAZ	sous pression de 20 cm CE dans des chambres à air et sous le dôme
PARAMETRES DE GESTION :	T° 21°C ø 60 jours Dilution 100 l d'eau par jour.
PRODUCTION RELEVÉES :	pas encore de données précises; estimées à 2 à 3 m ³ /jour
USAGE DE L'EFFLUENT	le jus déborde de la cuve de sortie et s'écoule dans la compostière. Des essais de culture seront faits par l'ISAR.
UTILISATION DU GAZ	Cuisine familiale, mais la production ne couvre pas encore la totalité des besoins.

FICHE TECHNIQUE

I DIGESTEUR CASIMIR

SITUATION Commune de RUHASHYA (Préfecture BUTARÉ)

DATE DE MISE EN ROUTE début septembre 1982

MATIERES A DIGERER bouse de 3 vaches soit environ 25 kg/jour
à 19% MS + les déchets végétaux
disponibles

BESOINS ENERGETIQUES cuisine familiale + éclairage

EQUIVALENT BIOGAZ non quantifié

TYPE DE DIGESTEUR BORDA continu

VOLUME 9 m³

STOCKAGE DU GAZ sous pression sous le dôme

PARAMETRES DE GESTION : T° 21°C

θ 90 jours

Dilution 85 l d'eau par jour

PRODUCTIONS RELEVÉES : non mesurée car encore en phase de démar-
rage.

USAGE DE L'EFFLUENT débordement de la cuve de sortie vers la
compostière

UTILISATION DU GAZ dans un premier temps: cuisson du riz et
chauffage de l'eau pour le thé.

A 4

FICHE TECHNIQUE

I DIGESTEUR BOUCHER A SHYANDA

SITUATION à proximité du marché de SAVE (Commune de Shyanda -
Préfecture de BUTARE)

DATE DE MISE EN ROUTE début septembre 1982.

MATIERES A DIGESTER Contenus de panses des animaux abattus aux
marchés : 4 x 200 kg par semaine à 15% MS

BESOINS ENERGETIQUES cuisine familiale et éclairage

EQUIVALENT BIOGAZ non quantifié

TYPE DE DIGESTEUR GAJU continu

VOLUME 16 m³

STOCKAGE DU GAZ sous le dôme, sous pression.

PARAMETRES DE GESTION : T° 21°C

Ø 60 jours

Dilution 115 l d'eau par jour.

PRODUCTION RELEVÉES : non enregistrée encore en phase de mise en
route.

USAGE DE L'EFFLUENT culture de boucher et son voisin

UTILISATION DU GAZ cuisine

FICHE TECHNIQUE

I DIGESTEUR GAKOKO

SITUATION Commune NYARUGENGE - Préfecture de KIGALI -

DATE MISE EN ROUTE fin 1981

MATIERES A DIGERER fumier pailleux de bovins

BESOINS ENERGETIQUES 5 à 6 sacs de charbon de bois par mois
pour la cuisine de 2 familles

EQUIVALENT BIOGAZ 3 m³ par jour

TYPE DE DIGESTEUR 2 cuves parallélipipédiques alimentées en
discontinu.

VOLUME 2 x 15 m³

STOCKAGE DU GAZ sous les cloches en PLS lestées par des
caissons assurant également un certain
effet de serre.

PARAMETRES DE GESTION : T° 24°C

0 90 jours

PRODUCTIONS RELEVÉES par cuve : 2.500 l/jour
120 l/kg MS.

UTILISATION DU GAZ réchaud à 3 bocs

A 6

FICHE TECHNIQUE	1	DIGESTEUR GISAGARA
SITUATION CERAI de GISAGARA	Commune NDORA - Préfecture BUTARE -	
DATE DE MISE EN ROUTE	fin 1981.	
MATIERES A DIGERER	fumier ou lisier de porc	
BESOINS ENERGETIQUES	2 stères de bois pour la cuisine des élèves	
EQUIVALENT BIOGAZ	6 m ³ par jour.	
TYPE DE DIGESTEUR	Au départ, 2 cuves parallépipédiques alimentée en discontinu. Une des 2 cuves a ensuite été modifiée pour fonctionner en continu.	
VOLUME	2 x 10 m ³	
STOCKAGE DU GAZ	sous la cloche en PLS. La pression est obtenue déposant des caissons lestés.	
PARAMETRES DE GESTION :	T° 21°C.	
	θ 60 jours	pour la cuve en continu
	DILUTION 70 l/jour	
PRODUCTIONS RELEVÉES	pour la cuve en continu : environ	
	200 l/jour,	
	150 l/kg MS	
Remarque :	la cuve vient seulement d'être remise en route	
USAGE DE L'EFFLUENT	Débordement dans la compostière ou direc- tement sur les champs.	
UTILISATION DU GAZ	Une grosse marmite à bois dans laquelle un brûleur a été placé.	

FICHE TECHNIQUE	I DIGESTEUR KONFIGI
SITUATION	Couvent des soeurs BENEKIRA à SAVE Commune de SHYANDA -Préfecture BUTARE-
DATE DE MISE EN ROUTE	Avril 1982
MATIERES A DIGERER	fumier de 10 bovins + 150 en clapier + 100 poules.
BESOINS ENERGETIQUES EQUIVALENT BIOGAZ	cuisine du couvent et des annexes non quantifié
TYPE DE DIGESTEUR	un continu se déversant dans un discontinu pailleux; les 2 cuves sont imbriquées l'une dans l'autre.
VOLUME	cuve continue : 5 m ³ cuve discontinu : 15 m ³
STOCKAGE DU GAZ	sous la cloche en PLS
PARAMETRES DE GESTION :	T ₀ 21° C θ 30 jours (continu): 100 jours (discontinu)
DILLUTION	100 l d'eau par jour : la cuve discontinu est "arrosée" par le débordement de la cuve continue
PRODUCTIONS RELEVÉES	3000 à 4000 l/jour 1/kg MS.
USAGE DE L'EFFLUENT	l'effluent liquide ainsi que le fumier digéré sont versés sur le fumier actuel et utilisés sur les cultures.

FICHE TECHNIQUE

I DIGESTEUR KONFIGI

SITUATION confiterie KONFIGI (Commune de HUYE -Préfecture BUTARE)

DATE DE MISE EN ROUTE Juillet 1982

MATIERES A DIGERER déchets de fruits : 90 kg par jour à 10% MS

BESOINS ENERGETIQUES cuisson de confiture

EQUIVALENT BIOGAZ non quantifié

TYPE DE DIGESTEUR continu en plastique souple

VOLUME 10 m³

STOCKAGE DU GAZ sous le plastique souple dans la même enveloppe
que le digesteur

PARAMETRES DE GESTION: T° 22° C

θ 60 jours

DILUTION 70 l d'eau par jour

PRODUCTION RELEVÉES : existantes mais non relevées

USAGE DE L'EFFLUENT après compostage, il est utilisable pour les
cultures de la Coopérative.

UTILISATION DU GAZ pas encore utilisé par manque de pression

PROTECTION ET CONSERVATION DES RESSOURCES NATURELLES

Par ZIGIRABABILI Joseph
Directeur "RECHERCHES GEOLOGIQUES".

Résumé:

La présente communication s'attachera principalement sur l'examen des principaux des principaux progrès enregistrés dans dans l'application du plan d'action de Stockholm (Suède) en matière d'énergie.

Rappelons que la première conférence des Nations-Unies sur l'environnement s'est tenue à Stockholm en 1972, dix ans se sont écoulés et ont été fêtés en mai 1982 à Nairobi. Le Rwanda y était représenté.

Au cours de ces conférences beaucoup de sujets ont été étudiés entre autre: l'atmosphère, les eaux, la population, les établissements humains, les catastrophes naturelles, l'énergie, l'éducation en matière d'environnement, etc.

Le point qui nous concerne aujourd'hui c'est l'énergie. Dans les recommandations faites au cours de la décennie, le plan d'action de Stockholm visait à déterminer les incidences sur l'environnement de la production et de l'utilisation de l'énergie.

- à encourager l'exploitation de sources d'énergie de remplacement
- à déterminer le degré de pollution de l'environnement provoqué par l'utilisation de l'énergie,
- à étudier les ressources énergétiques existants ainsi que les tendances en matière de consommation et à contrôler les matières radioactives, tant en ce qui concerne leurs émissions que leur évacuation.

Signalons en passant qu'une conférence des Nations-Unies sur les sources d'énergies nouvelles et renouvelables a eu lieu à Nairobi en août 1981 et son objectif était d'examiner l'impact de l'énergie sur l'environnement.

En plus de ça, plusieurs organismes des Nations-Unies, internationaux, gouvernementaux et non gouvernementaux se sont saisis des problèmes posés par la mise en valeur des sources d'énergie et donc examiné les incidences de l'utilisation de l'énergie et de sa production.

Nous verrons vers la fin de cet exposé les principales tendances environnementales devant être prises en considération par le PNUE au cours de la période 1982 - 1992.

Pour terminer un mot sur l'infoterra sera donné afin que les utilisateurs sachent les sources de références en matière d'énergie.

Distingués Invités,
Mesdames et Messieurs,
Militantes et Militants du M.R.N.D.

Je saisis cette occasion pour remercier le CEAER qui a pris l'initiative d'organiser cet important Séminaire sur les Énergies Renouvelables.

Je me rallie aux précédents orateurs pour remercier vivement les Ministères et Organismes Internationaux qui ont contribué moralement et financièrement à la préparation et organisation du Séminaire.

Ce petit exposé qui suit en quelques lignes s'attachera à l'examen des principaux progrès réalisés en la protection et conservation des Ressources Naturelles en matière d'énergie.

Il sera axé sur les points suivants :

- Les préoccupations écologiques avant 1972,
- L'homme et l'environnement, État actuel,
- Examen des principaux progrès enregistrés dans l'application du Plan d'action de Stockholm (Suède),
- INFOTERRA.

Concernant les préoccupations écologiques avant la Conférence tenue à Stockholm en 1972, la notion d'environnement et le type de mesures nécessaires aux échelons national et international à sa sauvegarde ont été précisés durant les années qui ont précédé la Conférence de Stockholm au cours de laquelle une nouvelle définition en a été donnée et qui n'a pas cessé d'évoluer depuis.

En fait, le mouvement écologique à l'origine de la Conférence remonte loin dans le temps et n'a pas de début bien précis.

C'est au cours des années 60 et 70, période durant laquelle étaient mis en oeuvre ces programmes internationaux, ainsi que d'autres qui en découlaient plus ou moins directement que l'on a acquis la plus grande partie des connaissances sur les systèmes écologiques de la planète.

Ce problème de protection et de conservation de la nature est bien connu et est encouragé par les organismes tels que :

- la Société Moscovite de Naturalistes
- la National Audubon Society
- la Wilderness Society and Sierra club
- la National Trust et

Les Sociétés qui constituent aujourd'hui la Fédération Française des Sociétés de protection de la nature et leurs homologues en Allemagne fédérale, aux Pays-Bas, en Suède et en Suisse et dans d'autres pays.

Au cours de la deuxième moitié du XXe siècle le mouvement écologique a été accentué.

- 1° Sous l'influence des personnes dont l'écologie était le métier, l'aspect protection de la nature et la portée scientifique du mouvement se sont développés simultanément.
- 2° Dans de nombreux pays autres que les pays d'Europe et d'Amérique du Nord, on a pris conscience des problèmes écologiques.
- 3° La notion d'environnement a élargi de sorte qu'elle recouvre une plus vaste réalité.

Ce mouvement avait une conception plus large et scientifiquement plus élaborée des relations entre l'homme et son milieu, il s'intéressait non seulement à l'état des ressources naturelles mais également à la façon dont les valeurs, les institutions, les techniques, les structures sociales influencent sur les modes d'utilisation et de conservation des dites ressources.

Après ces considérations générales sur les problèmes écologiques passons maintenant au thème du jour : L'ENERGIE

La conception en matière d'approvisionnement en général a subi une profonde transformation au cours des années 70. La crise du pétrole de 1973 a permis de comprendre que les quantités de combustibles fossiles sont limitées, de grande valeur et susceptibles de se vendre à des prix de plus en plus élevés.

Ce changement d'optique, intervenu pendant cette période a amené à se demander pendant combien de temps encore on pouvait garantir la fourniture de combustibles fossiles non renouvelables à des prix acceptables et quelle pouvait être la durée de vie de ces mêmes ressources.

En raison de l'appauvrissement des réserves de pétrole, de nombreux pays développés espèrent utiliser davantage le charbon dans un proche avenir. Pour éviter la dégradation de l'environnement, la recherche développement a visé à mettre au point des techniques de pré-traitement du combustible, des processus de combustion contractée, de desulfuration du gaz pour éviter qu'une combustion accrue du charbon de bois n'augmente les émanations de sulfate, des méthodes pour freiner la dégradation de l'environnement à l'avenir.

Au Rwanda, l'année 1983 a été baptisée l'année de l'arbre, dans son discours le Président de la République a dit :

Il est de coutume que chaque année nous nous fixions un objectif principal dans les priorités relevées par notre plan de développement. Ces efforts se sont toujours orientés vers le monde rural : augmentation de la production, agriculture, éducation, amélioration de l'habitat, élevage, hydraulique rurale, autant de thèmes qui ont requis l'effort national des dernières années. L'année qui s'achève a été consacrée à la lutte anti-érosive. Certaines réalisations dans ce domaine sont visibles. Mais la lutte doit continuer. L'année qui vient sera celle de l'arbre. ANNEE 1983, ANNEE DE L'ARBRE. Reboisons donc nos collines dénudées, plantons des arbres le long de tous nos axes routiers. Reboisons pour la lutte anti-érosive. Reboisement pour diminuer le risque de pénurie énergétique. Reboisement pour les matériaux de

construction. Mais plantons aussi des arbres fruitiers pour l'amélioration de notre alimentation.

Des progrès satisfaisants ont été enregistrés en ce qui concerne l'application des mesures adoptées conformément aux recommandations pertinentes selon lesquelles il est nécessaire de parvenir à une connaissance plus précise des incidences écologiques de la production et de l'utilisation de l'énergie.

Cependant il conviendrait de développer et d'appuyer les programmes tendant à promouvoir la conservation des sources d'énergies renouvelables et propres et de déployer des efforts en vue de l'exploitation de diverses sources d'énergie qui ne présentent aucun risque pour l'environnement.

Comme principaux progrès enregistrés dans l'application du plan d'action de Stockholm il y a lieu de souligner ce qui suit :

- Dans les recommandations faites au cours de la décennie, le plan d'action de Stockholm visait à déterminer les incidences sur l'environnement de la production et de l'utilisation de l'énergie,
- à encourager l'exploitation de sources d'énergie de remplacement
- à déterminer le degré de pollution de l'environnement provoqué par l'utilisation de l'énergie,
- à étudier les ressources énergétiques existantes ainsi que les tendances en matière de consommation et
- à contrôler les matières radioactives, tant en ce qui concerne leurs émissions que leur évacuation.

Signalons en passant qu'une conférence des Nations Unies sur les sources d'énergies nouvelles et renouvelables a eu lieu à Nairobi en Août 1981 et l'un de ses objectifs était d'examiner l'impact de l'énergie sur l'environnement.

En plus de ça plusieurs Organismes des Nations Unies, Internationaux, gouvernementaux et non gouvernementaux se sont saisis des problèmes posés par la mise en valeur des sources d'énergie et donc examiné les incidences de l'utilisation de l'énergie et de sa production.

Les participants à cette Conférence ont adopté un programme d'action qui prévoit une utilisation accrue des sources d'énergies nouvelles et renouvelables selon les modalités favorisant l'équité sur le plan social et dans le cadre de structure économiques et techniques viable et propres à préserver l'environnement. Le plan met particulièrement l'accent sur la nécessité de concevoir des programmes d'exploration de mise en valeur et d'utilisation des sources renouvelables en prenant en considération les divers aspects de l'environnement. C'est pourquoi différents pays font appel à l'utilisation de l'énergie solaire, on a planté le bois pour en tirer du bois de chauffage, le Rwanda n'est pas arriéré sur le point et d'ailleurs l'année 1983 est baptisé l'année de l'arbre.

Au cours de la période 1982-1992, les principales tendances environnementales devant être prises en considération par le PNUE sont les suivantes :

Tendances :

1. Le coût de l'énergie risque d'augmenter, alourdissant surtout les dépenses qui pèsent sur les économies des pays en développement.
2. La demande du bois de chauffage, du charbon et de la tourbe augmentera en raison de leur coût plus modéré et de leur utilisation plus facile.
3. Les énergies non traditionnelles (biomasse, soleil, vent, géothermie) sont appelées à une plus grande utilisation.
4. Il est certain que les incidences écologiques résultant de l'utilisation des unes et des autres énergies continueront à faire l'objet d'une particulière attention (surtout pour ce qui concerne la production et les déchets) de la part de tous ce qui sont concernés de près ou de loin par les problèmes d'ordre écologique et environnemental.

En rapport avec les tendances dont je viens de vous faire part, il est envisagé notamment les mesures suivantes :

1. Mise au point de stratégies relatives à la conservation et à l'utilisation combinées des sources d'énergies appropriées ainsi que l'emploi de stimulants en vue de conserver l'énergie.
2. Extension accélérée des plantations d'arbre et effort soutenu dans les recherches sur les utilisations économiques et écologiques du charbon et de la tourbe. Nous notons avec satisfaction que par bonheur et par "heureuse coïncidence" le Chef d'État a baptisé l'année 1983 année de l'arbre, je vous l'ai déjà rappelé.
3. Evaluation et comparaison périodiques de l'impact de la production et de l'utilisation des différents types d'énergie sur l'environnement.

En conclusion, je voudrais vous informer qu'il existe un système international de renseignements sur l'environnement, et ce réseau s'appelle l'INFOTERRA. Dans le fond de la salle une carte est affichée où vous pourrez prendre connaissance des domaines de compétence de l'INFOTERRA. Infoterra est un système incorporé au sein du PNUE, et a pour mission d'aider les organisations et chercheurs à identifier les sources susceptibles de leur fournir des renseignements scientifiques et techniques sur l'environnement ainsi que des renseignements qui permettent d'orienter les décisions dans ce domaine.

Actuellement le Ministère des Ressources Naturelles est le point focal d'INFOTERRA, c'est à dire qu'il est en possession des répertoires internationaux qui peuvent orienter quiconque pour une meilleure protection et la conservation de la nature.

JE VOUS REMERCIE.

EDUCATION ENVIRONNEMENTALE

Par TWAGIRUMUKIZA Joseph
Ministère des Affaires Sociales
et du Développement Communautaire

Résumé

Les groupes humains sont en perpétuelles interactions avec des éléments et facteurs de tous ordres: les éléments physiques, chimiques, biologiques, les facteurs techniques et économiques, les facteurs sociaux, psychologiques et culturels et les facteurs politiques.

Ces éléments et facteurs se recouvrent partiellement et agissent les uns sur les autres, exerçant ainsi une influence sur les communautés humaines. Inversement, les groupes humains par leur travail et leur attitude influencent leur environnement. C'est à cause de cette influence réciproque qu'il apparaît nécessaire de faire une éducation environnementale. Mais celle-ci n'est pas une innovation de la société moderne: les sociétés traditionnelles appuyaient leur éducation sur l'environnement, grâce aux multiples contacts de l'enfant avec les éléments de l'environnement. Une éducation environnementale doit être basée sur une certaine conception de l'environnement. Dès lors on peut distinguer deux types de conception: la conception du caractère "universel" des problèmes d'environnement et de développement et les conceptions ethno-culturelles. Le choix du contenu et des méthodes dépendra donc de la conception adoptée. Ainsi, les organisations internationales se fonderont sur la première conception, mais les gouvernements doivent définir leurs propres conceptions ou s'aligner sur la conception universaliste. C'est à ce niveau que les lacunes apparaissent dans les programmes éducatifs des pays en développement.

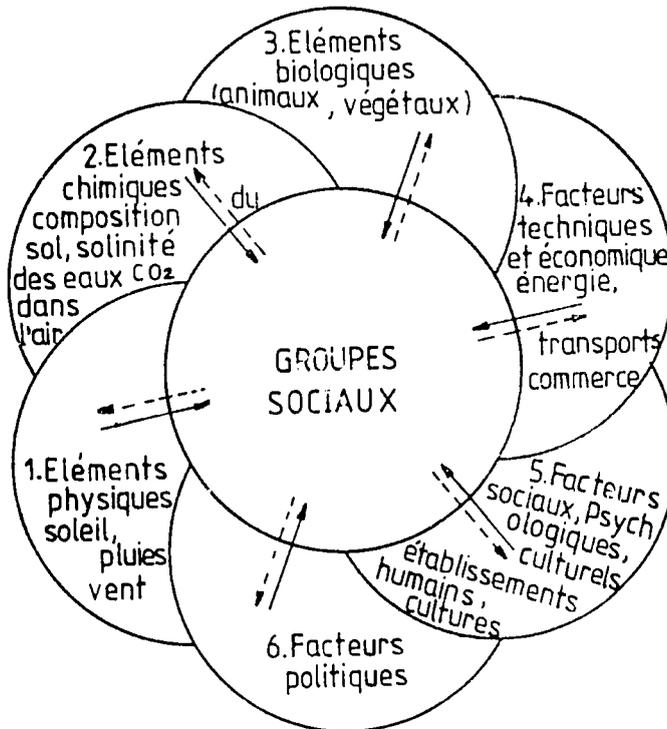
Dans les pays développés, la conscience de l'interdisciplinarité des problèmes d'environnement est à la base d'un enseignement intégré notamment des matières scientifiques. Dans les pays en développement et au Rwanda en particulier, les lacunes fondamentales se situent dans l'absence d'une conception de l'environnement, laquelle devrait permettre l'élaboration de contenus appropriés et de méthode d'éducation formelle et non formelle.

Pour le Rwanda, les propositions qui sont faites tiennent compte de la nécessité de la formation des cadres et de l'éducation populaire, en même temps qu'elles définissent les besoins et les priorités dans cette matière. Un accent tout particulier est mis sur l'urbanisation avec ce qu'elle entraîne comme taudis, bidonvilles et colonies de squatters et les différentes formes de pollution de l'environnement.

1. Introduction

Si l'on prend l'exemple d'un groupe paysan n'importe lequel où dans le pays, on observe qu'il est concerné d'abord par des éléments physiques: un paysage avec un certain relief, un sol à la texture particulière, l'existence ou l'absence de nappe phréatique, la température, l'insolation, le vent, etc.

La plupart de ces éléments et beaucoup d'autres encore, peuvent être analysés en termes techniques: composition de l'eau dont le degré de salinité joue un rôle important, composition du sol etc.



Plus perceptibles cependant sont les éléments biologiques, qu'il s'agisse des végétaux ou des animaux. Ces caractéristiques physiques, chimiques, biologiques sont combinées différemment en fonction de techniques et liées à celles-ci, de facteurs économiques. Ces derniers, à leur tour vont se colorer différemment suivant le jeu de facteurs sociaux, culturels et psychologiques. Enfin, entrent en ligne de compte des facteurs politiques.

Une dernière évidence est que ces éléments se recouvrent partiellement et qu'ils constituent des catégories d'analyse

élaborées historiquement par la pensée de l'homme.

Une autre évidence consiste dans le fait que ces différents éléments et facteurs agissent les uns sur les autres, avec une intensité inégale d'ailleurs, et variable d'un environnement à l'autre.

Une troisième évidence est que ces éléments et facteurs influencent de manière plus ou moins marquante les groupes humains concernés. Ainsi les agriculteurs ou les éleveurs subissent la chaleur, la salinité de l'eau, l'agression du stock microbien ambiant, la poussée de mauvaises herbes dans les champs cultivés, l'efficacité limitée des techniques de recherche de l'eau potable, le système de prix imposé par la conjoncture économique, l'immaturité de l'esprit coopératif, l'attraction de la ville, l'impact de flux culturels extérieurs, les décisions prises par les différents pouvoirs politico-administratifs, etc.

Inversement, ces groupes de base peuvent influencer leur environnement. Par le travail de la terre, par la construction de terrasses, par les aménagements anti-érosifs, ils changent l'aspect physique du paysage et la chimie du sol. En défrichant, en cueillant, en cultivant, en faisant paître les bêtes, ils modifient le contexte biologique dans lequel ils vivent. En fabriquant des instruments, en adaptant d'autres, ils varient outils et méthodes. En organisant les diverses activités économiques, en jouant sur des ventes et achats, ils affectent les circuits économiques. De même, ces groupes sociaux de base font évoluer le contexte socioculturel du pays et participent dans une certaine mesure à l'orientation de la vie politique du pays.

2. Définitions préliminaires

Si l'on prend en compte, d'une part, les influences qu'exerce l'environnement sur les groupes sociaux et d'autre part, ce que le groupe peut faire pour transformer son environnement, on appellera éducation environnementale ce qui contribue à faire comprendre l'ensemble de ces mécanismes et à permettre les groupes sociaux de maîtriser ce qu'ils subissent et d'agir plus efficacement sur ce qui les entoure. L'éducation environnementale est ainsi la démarche par laquelle on apprend à connaître l'environnement, à y vivre et à le modifier. Une définition plus précise en a été donnée par la cinquième session du Comité des Nations-Unies pour l'Environnement (Genève, 11-12 Décembre 1975). Il s'agit d'une éducation relative à l'environnement., visant au premier chef à instruire l'ensemble des citoyens en leur faisant prendre conscience du problème de l'environnement dans la vie quotidienne et leur inculquant les connaissances, les capacités et le sentiment de responsabilité indispensables pour oeuvrer à la solution de ces problèmes.

C'est la transformation continue de la nature par l'homme dans la recherche du développement qui souligne le caractère dynamique qui doit caractériser toutes les considérations relatives à l'éducation environnementale pour le développement ou éco-développement. Des lois qu'on met en présence l'éducation environnementale et le développement, une préoccupation survient qui est de savoir si la formation environnementale pour le développement doit surtout

donner des connaissances facilitant l'exécution de directives administratives, ou si l'objectif principal doit être d'élargir l'aptitude des groupes de base et des individus à s'appuyer sur l'environnement pour l'aménager, c'est-à-dire construire un nouveau cadre de vie, qui suppose des choix décisifs en termes de valeurs.

Certes, la réponse n'est pas simple: il faudra une part de formation environnementale centralisée, s'adressant aux cadres, et une autre part, concernant la population dans les diverses zones écologiques qu'elle habite.

Il est évident en tout cas que le contenu de la formation, le niveau où elle sera donnée, la pédagogie, le contrôle ... vont différer du tout au tout, suivant que l'on privilégiera le premier terme de l'alternative ou le second.

Il est aussi claire que, selon les dosages adoptés entre l'éducation centralisée et l'auto-éducation à la base, l'accent sera mis plutôt sur le système scolaire en place ou sur d'autres types de formation.

Il est cependant difficile de dissocier la question qui précède de celle qu'il faut poser maintenant: à partir de quel modèle la gestion et le développement environnemental peuvent-ils être envisagés pour le Rwanda?

Il existe une abondance de modèles organisationnels de l'espace qui croit-on s'appliquent à divers types d'environnements qu'on trouve ici et là.

Prenons un exemple de l'organisation des zones pastorales: le système de ranches avec leur quadrillage de barbelés se présente comme l'image de ce qu'il faudrait faire à l'instar de ce qui a été fait en Amérique (Texas). Or, l'application du modèle du "ranch", s'il permet une stabilisation de l'écosystème, a pour effet de transférer le pouvoir sur l'espace à des hommes d'affaires, retirant les terrains aux anciens propriétaires qui deviennent les employés des nouveaux occupants.

De même, dès qu'on évoque cet aspect infra-urbain de l'environnement que constituent les bidonvilles, le modèle qui se présente souvent est leur destruction au bulldozer et leur remplacement par un habitat standardisé. Cette nouvelle organisation urbaine parvient à s'imposer comme schéma nécessaire, effaçant l'autre terme de l'alternative qui pourrait être l'amélioration, sur place, des bidonvilles par les habitants du quartier.

Sans devoir multiplier les exemples de ces modèles d'organisation environnementale, on se rend aisément compte qu'ils impliquent toujours le choix automatique de certaines méthodes et de certaines techniques, soit explicitement, soit implicitement.

Ceci est vrai à la fois au stade de la réflexion et à celui de l'action, pour le schéma auquel on se réfère et le type d'outil qu'on emploie. Ainsi, il est indéniable que l'on mène une discussion à propos de la pollution de l'eau sans évoquer comment y remédier; mais aussitôt la technique appelle un choix: par exemple le choix entre le filtre moderne et les technologies nouvelles artisanales (filtrages par superposition de caebasses trouées, alternativement remplies de sable et de centre) ou expérimentale (filtre solaire fonctionnant par évaporation).

Le problème des choix nous amène ainsi au problème de la concep-

tion de l'environnement et des techniques qui le concernent: bien sûr cette perception n'est pas identique selon qu'il s'agit de techniciens et décideurs, ou selon qu'il s'agit des différents groupes humains de base.

Il apparaît assez surprenant que l'on se soit lancé dans l'enseignement des disciplines relatives à l'environnement en se souciant si peu de la manière dont cet environnement est connu, ressenti et expérimenté par ceux qui y vivent. Cette sentence s'adresse d'abord aux auteurs des programmes d'éducation environnementale dans l'enseignement primaire et aux responsables de l'enseignement secondaire qui n'ont pas intégré les cours d'éducation environnementale de manière explicite dans les curricula de l'enseignement secondaire.

Plus sévère sentence doit être formulée, à l'égard des responsables de l'éducation populaire qui n'intègrent pas la formation environnementale dans la formation permanente. Ce manque d'attention pour les aspects éducationnels et culturels de l'environnement rwandais, pour le rôle et l'initiative de la population notamment pour les méthodes et techniques mises au point par elle en matière de gestion de l'environnement, tant au niveau de la conception que de l'exécution des programmes de développement national, l'opinion public restant rivée à la thèse du caractère "universel" des problèmes d'environnement et des perspectives de développement, ce qui est une erreur.

3. Education traditionnelle et éducation environnementale

3.1 Principales caractéristiques de l'éducation traditionnelle

En milieu traditionnel, on apprend en s'adaptant aux exigences d'un contexte précis: c'est autour de tâches concrètes que prend corps la conscience pédagogique et que s'organise la connaissance. Ceci a comme corollaire que cette éducation est diffuse, qu'aucun programme d'apprentissage n'est imposé à l'enfant. Selon ses intérêts et sa capacité, il assimile ce que la vie familiale ou sociale lui propose. Il apprend naturellement, en vivant, sans contrainte traumatisante. Cette formation couvre tout ensemble les techniques, le sport, l'hygiène, la religion, les arts: il s'établit une sorte d'équivalence entre l'éducation et la vie elle-même.

On doit noter que si l'on apprend tout ensemble, la méthode n'est pas la même selon qu'il s'agit d'apprentissage manuel ou de formation sociale. L'on observe aussi qu'en milieu traditionnel, la maîtrise par les jeunes des techniques communes est effective avant leur accession au groupe des adultes: "la maturité technologique précède la maturité sociale" (Erny, P., L'enfant est son milieu en Afrique noire, Paris, 1972)

Au travers des approches concrètes, cette formation apporte une part non négligeable des connaissances de base en même temps qu'elle développe la mémoire et les autres mécanismes du raisonnement. Les facultés d'observation s'affirment au cours de multiples exercices, la nuéation s'apprend à partir de jeux; des notions de géométrie et de dynamisme sont acquises empiriquement: l'observation de la fabrication d'une corbeille ou de

la construction d'une case révèle l'intérêt des procédés d'évaluation, d'ajustement et de coordination. Tous ceux qui savent apprennent à ceux qui ne savent pas. "La famille est assistée par tous les adultes de la communauté" (KIZERBO, J., L'éducation traditionnelle, Dakar, 1975).

Une large part de la formation se fait d'ailleurs en groupe: parfois avec les adultes, parfois entre les enfants ou jeunes de même âge.

La formation traditionnelle est d'abord une formation au sens de la responsabilité. La famille, les voisins, les compagnons des classes d'âge conjuguent leurs efforts pour faire comprendre aux enfants et aux jeunes qu'ils ne peuvent agir n'importe comment mais qu'ils constituent des éléments d'un ensemble qui les dépasse: la collectivité. Et le sentiment de cette appartenance fonde tout un système de valeurs qui est peu à peu transmis aux jeunes. Nous reviendrons sur les atouts que présente cette forme d'éducation.

3.2. L'environnement comme point d'appui et de référence de l'éducation en milieu traditionnel

La formation des enfants et de jeunes a largement recours, comme point d'appui et de référence, à l'environnement. Grâce aux multiples contacts avec les différents éléments de l'environnement, l'enfant aiguise son jugement et trouve des explications à ses multiples interrogations sur les choses qu'il observe dans son milieu. L'enfant apprend ainsi à juger les différentes terres à leurs grains, les différentes sortes de bois à leur dureté, les fibres végétales à leur flexibilité et à leur résistance.

Cette familiarité de l'enfant avec la nature lui vient de ce que sa culture l'y pousse et ce que son milieu la considère comme essentielle. C'est aussi à tort qu'on accuse le gardiennage des bêtes de ne constituer qu'une pure perte de temps pour l'enfant. Le gardiennage peut être une occasion pour l'enfant d'apprendre à évaluer la valeur du pâturage, à classer le bétail de multiples façons, à le guider, à le dresser, à déceler et soigner les blessures et maladies, à défendre le troupeau contre tout ce qui le menace, à dépecer les bêtes, à nommer et à partager les morceaux. A travers ces tâches, c'est à la fois ses capacités d'analyse et de synthèse que développe le jeune, des formes d'organisation qu'il retrouve et, on l'a vu, des sens de responsabilités qu'il acquiert. Le jeune pâtre trouve sa référence permanente dans les pâturages et les troupeaux.

N'importe quel élément de l'environnement risque ainsi d'être saisi comme symbole et intégré dans un système explicatif complexe. Une case, un panier, une natte, peuvent exciter ce goût de signifiants si répandu au Rwanda. De ce fait, l'identification par des enfants, très tôt, des éléments de leur environnement va de pair avec des classements, avec l'élaboration de système et la découverte d'implications symboliques ou religieuses. Cette reconnaissance et cet inventaire ne sont jamais dissociables d'un recours à l'environnement. Aussi, un résultat de ce type de formation devrait-il être mesurable à travers la perception de l'environnement.

3. Perception traditionnelle de l'environnement

Pendant très longtemps, une trêve ou plutôt une vie en symbiose a caractérisé les rapports de l'homme avec son environnement. Au-delà des jeux et tâches liées à la survie et à la production immédiate, il n'y avait pas en milieu traditionnel une action en profondeur sur l'environnement.

Dès lors que l'homme a commencé l'exploitation des ressources de son milieu pour se constituer des réserves alimentaires et pour satisfaire à ses nombreux besoins, il commence à apparaître des formes poussées de dégradation du sol et des pâturages, les feux de brousse, la déforestation etc.

Néanmoins, l'homme avait toujours à l'esprit le vide qu'il créait autour de lui en constituant des réserves alimentaires, en extrayant des essences pour ses multiples usages, en construisant des maisons, en chassant etc., et procédait tant bien que mal au réaménagement de l'environnement par la mise en jachère, le fumage, etc. et dispensait une éducation en cette matière de génération en génération.

La réalité est bien que les populations traditionnelles avaient une conscience de leur environnement et pratiquaient une raisonnable valorisation.

Cette constatation appelle toutefois quelques restrictions qu'il est indispensable de marquer.

La première réside dans le fait que dans la formation et la gestion traditionnelles, tout n'était pas idyllique. Il existait parfois des aspects absolument indéfendables, ce qui implique des choix à opérer et certaines dissociations qui se révéleront sans doute délicates.

Une autre réserve qu'il faut faire à propos de l'éducation comme de la gestion environnementale dans la société traditionnelle; c'est que, même si elles ne sont pas figées comme on l'a cru longtemps, elles n'apportent pas tout ce qui est nécessaire. D'une part, leur savoir technologique ne répond que partiellement aux besoins présents et il y a nécessité absolue, en ce domaine, d'apports extérieurs.

Enfin, une autre restriction à une vue optimiste de ces pratiques du passé est que, précisément, elles se trouvent actuellement en perte de vitesse et l'éducation se réduit à un simple formalisme sans intérêt, ou même disparaît complètement. Même si l'on nuance l'importance de la pratique éducative et aménagiste des populations traditionnelles en matière d'environnement, le fait fondamental demeure et l'on saisit aussitôt l'insuffisance, l'inadaptation et peut-être même le caractère dérisoire de l'approche statistique et universelle que certains utilisent à propos de la formation pour l'environnement.

On aurait pu imaginer que l'école moderne parte de cette base éducative que possède la majorité d'enfants, qu'elle s'attache à poursuivre et prolonger la formation traditionnelle, à renforcer l'aptitude des communautés à gérer, à protéger et à aménager leur environnement. Ce n'est pas du tout ce qui s'est passé, ce n'est pas ce qu'on observe actuellement. On aurait pu s'attendre à ce que cette école moderne contribue à un développement environnemental, mais, même si elle apporte certains éléments d'intelligence

du milieu physique, ne joue-t-elle pas fondamentalement un autre rôle, qui écarte de ce type de développement. Nous développerons cette discussion au paragraphe (infra) consacré à l'éducation formelle et l'éducation environnementale.

4. Problèmes actuels d'environnement: matière d'éducation environnementale.

Sans devoir faire une énumération des questions actuelles posées à l'homme en matière d'environnement, ce qui serait d'ailleurs fastidieux, on peut examiner les problèmes actuels d'environnement en étudiant les principaux points de discordance qui caractérisent les relations entre l'homme et son environnement.

Sous cette approche, on peut relever comme premier point de discordance la perturbation du réseau alimentaire qui est en interaction avec la perturbation des écosystèmes et ce, à cause de l'activité de l'homme qui met un frein aux processus qui sont à l'origine de la diversité et de la stabilité de l'écosystème. Ainsi l'homme renonce à la stabilité naturelle en échange d'une production alimentaire plus accrue et d'autres produits. Cet échange a pour contrepartie l'extinction de nombreuses espèces de la faune et de la flore, la mise en oeuvre de moyens de plus en plus considérables pour assurer le maintien de la production et très souvent la dégradation progressive des terres jadis productives. Une autre forme de perturbation est celle due à la mise en culture indisciplinée provoquant la dénudation des sols qui n'avaient pas cette vocation agricole. L'on sait que fondamentalement le sol est le résultat de l'action des intempéries sur les roches et cette action ne s'achève qu'après des milliers d'années, alors que l'homme la détruit en moins de 10 ans, réduisant ainsi la capacité nourricière de la terre.

D'autres formes de perturbations peuvent être causées par l'usage inconsidéré de pesticides en vue de lutter contre les ravageurs des cultures, mais ces pesticides, tel le D.D.T. possèdent des effets durables après leur application et ne s'attaquent pas seulement aux ravageurs de cultures mais ils peuvent s'accumuler dans le sol, atteignant finalement des taux de concentration dangereux dans le réseau alimentaire.

De même, l'emploi de machines agricoles lourdes a parachevé le processus de dégradation des sols en pulvérisant le sol jusqu'à ce qu'il devienne une couche inerte de boue et de poussière. Avec le temps, le surpâturage et l'abattage indiscriminé des arbres ont progressivement fait disparaître cette couverture naturelle et l'érosion a suivi.

Au rang des déséquilibres doivent être cités aussi ceux qui sont liés à la lutte pour la nourriture qui, en essayant d'éradiquer tous les ravageurs des cultures appliquent inconsidérablement des pesticides; mais on s'est rendu compte par après de l'apparition massives de populations ennemies des plantes qui avaient acquis une résistance à ces insecticides.

Parfois, au contraire, ces derniers se sont révélés néfastes pour des insectes ou d'autres organismes qui se nourrissent précisément des ravageurs des cultures.

Enfin, la protection de la nature en général et plus particulièrement la protection de l'élément basal naturel que constitue l'eau

est au nombre des grands problèmes d'éducation d'environnement. L'expérience semble indiquer que la période la plus critique pour les espèces sauvages se situe lorsque les modes d'utilisation des terres sont soumis à des changements rapides à la suite des facteurs suivants: fort accroissement démographique, la destruction indisciplinée des habitats naturels par des brûlis, pression accrue de la chasse, abattage massif d'arbre et introduction d'animaux domestiques sur les pâturages.

L'on sait que les eaux naturelles possèdent une propriété d'auto-épuration mais que l'homme ne va pas tarder à perturber le processus. Le cycle d'auto-épuration naturelle commence lorsque les bactéries anaérobies contenues dans l'eau transformant, en présence de l'oxygène, les déchets organiques en produits chimiques assimilables par les algues. Ensuite, de minuscules animaux appelés zooplancton se nourrissent des algues et sont à leur tour mangés par des petits poissons. Ensuite, les grands poissons mangent les petits. Le cycle recommence avec les bactéries à la mort des grands poissons.

Cependant, lorsque l'homme décharge dans l'eau des chargements excessifs ou des déchets non dégradables biologiquement, les bactéries n'ont pas le temps ou la capacité de transformer ces déchets en matière nutritive ou en produits non toxiques.

Le résultat de ce processus connu sous le nom d'entrophisation est la destruction ou de la plupart des formes de vie aquatique à l'exception des micro-organismes qui peuvent vivre dans un état anaérobie. Alors l'équilibre biologique est rompu et la communauté biologique est menacée de disparition. La contamination des aliments doit aussi être considérée comme la résultante de tous ces problèmes de pollution.

En définitive, pour tenter de résoudre les problèmes d'environnement, il faut d'abord les soumettre à une analyse approfondie. Trop souvent ces problèmes ont été abordés un par un au lieu d'être envisagés dans une perspective holistique permettant d'appréhender les relations qui les unissent.

La première étape du travail d'analyse devrait consister à établir une classification des types de dommages et de menaces auxquels est exposé l'environnement ou dont il peut être la cause, en tenant compte de la gravité du préjudice pouvant en résulter pour l'humanité.

Il a été souligné plus haut qu'il faut entendre par environnement non seulement l'environnement physique mais aussi l'environnement social et culturel; les analyses devront prendre en considération les relations entre l'environnement naturel et ses composantes biologiques et les facteurs sociaux et culturels.

En plus, les problèmes d'environnement ne viennent pas uniquement de l'exploitation irrationnelle ou néfaste des ressources naturelles et de la pollution. Ils englobent les problèmes du sous-développement (insuffisance des logements, mauvaises conditions sanitaires, malnutrition, méthodes de gestion et de production défectueuses ...), et d'une façon générale, tous les maux qu'engendre la pauvreté, y compris la suvegarde du patrimoine culturel historique.

Si l'on veut que les questions relatives à la gestion de l'environnement soient clairement perçues, et que tous les intéressés acquièrent les connaissances, les compétences et les attitudes qui

permettront de redresser la situation, une éducation environnementale s'impose aux jeunes comme aux adultes, à l'élite comme à la masse des citoyens.

5. Cadre conceptuel de l'éducation environnementale

5.1. Définitions:

Il a été proposé plusieurs définitions de l'éducation relative à l'environnement, dont chacune témoigne d'un ordre de priorité différent, mais qui ont toutes en commun plusieurs éléments fondamentaux.

En voici trois spécimen:

- a. "Le but de l'éducation relative à l'environnement est de former une population consciente et préoccupée de l'environnement et des problèmes qui s'y rattachent, une population qui ait les connaissances, les compétences, l'état d'esprit, les motivations et le sens de l'engagement qui lui permettent de travailler individuellement et collectivement à résoudre les problèmes actuels et à empêcher qu'il ne s'en pose de nouveaux".
- b. "L'éducation relative à l'environnement consiste à reconnaître des valeurs et préciser des notions de façon à susciter des compétences et des attitudes permettant de comprendre les relations réciproques qui existent entre l'homme, sa culture et son environnement biophysique.
L'éducation relative à l'environnement exige aussi la pratique de la prise des décisions et l'adoption d'un code de conduite personnel applicable à tous les problèmes relatifs à la qualité de l'environnement".
- c. "L'éducation relative à l'environnement est un processus global qui fait intervenir les relations réciproques de l'homme et de son environnement naturel et artificiel, notamment la relation entre l'accroissement démographique, la pollution, la répartition et l'épuisement des ressources, leur conservation, la technologie, la planification urbaine et rurale, d'une part, et l'environnement humain global de l'autre. L'éducation relative à l'environnement est l'étude des facteurs qui influencent les écosystèmes, la santé mentale et physique, les conditions d'existence et de travail, les villes en décomposition et les pressions démographiques".

Le principal élément, et peut-être le plus important de toutes ces définitions concernant l'éducation relative à l'environnement, correspond à une prise de conscience des relations réciproques qui existent entre l'homme et son milieu, et une intelligence réelle de la nature et des effets de l'action de l'homme.

Ce qu'on trouve dans toute éducation relative à l'environnement, c'est qu'elle cherche à créer le souci de la qualité de la vie. Cela crée une distinction entre cette éducation et l'enseignement de matières traditionnelles, en ce sens qu'elle va situer manifestement sur le plan effectif. En somme, l'éducation environnemen-

tale se caractérise par le fait qu'elle ne vient pas s'ajouter aux programmes éducatifs sous la forme d'une discipline distincte ou d'un sujet d'étude particulier mais comme une dimension qui doit leur être intégrée. L'éducation relative à l'environnement est d'entreprendre à l'égard de celui-ci une action plus rationnelle et propre à répondre aux besoins sociaux.

Faire prendre conscience de l'environnement, ouvrir de nouvelles perspectives et mettre au point de nouvelles connaissances techniques, représente une tâche éducative; une gestion effective de l'environnement exigeant un public bien informé, l'éducation environnementale devient en fait la clé d'un développement ordonné et rationnel.

5.2. Distinction entre l'éducation et la formation à l'environnement

Sans marquer de cloison étanche, le Programme des Nations Unies pour l'environnement a une conception de l'éducation et de la formation qui se fonde sur la distinction suivante:

L'éducation fait percevoir en fait les problèmes d'environnement, en fait mieux prendre conscience et suscite à leur égard un intérêt actif.

La formation permet de mettre au point des connaissances techniques, de résoudre des problèmes pratiques et d'entreprendre une action spécialisée.

Ces deux éléments font partie d'un spectre continu contenant une large zone médiane où ils se chevauchent:

L'éducation environnementale désigne généralement l'éducation du grand public et doit s'adresser à tous les âges, dans toutes les catégories d'enseignement non classique ou extra-scolaire pour les jeunes et les adultes.

La formation environnementale s'adresse à un groupe spécial de spécialistes et techniciens qui doivent se charger de l'évaluation et de la gestion. Elle est destinée à leur donner des connaissances spécialisées, pratiques et techniques modernes et l'expérience nécessaire pour aborder les problèmes d'environnement et les résoudre, utiliser rationnellement les ressources naturelles et protéger ou restaurer la qualité de l'environnement.

L'éducation et la formation de certains groupes professionnels ou sociaux se situera donc dans la zone de chevauchement du spectre éducation-formation, où l'éducation, visant à faire mieux comprendre les problèmes de l'environnement, revêt autant d'importance et est dispensée en même temps que la formation aux compétences relevant des domaines techniques et professionnels qui ont des répercussions importantes ou qui ont une incidence directe sur les questions d'environnement. Le groupe auquel s'adresse ce type d'activité intégrée (éducation-formation) comprend les ingénieurs, les architectes, les urbanistes, les médecins, les juristes, les économistes, les planificateurs, les industriels et tous ceux qui sont chargés de l'élaboration des politiques et de l'adoption des décisions.

5.3. Finalités de l'éducation et de la formation environnementales.

Au terme des travaux de la conférence intergouvernementale sur l'éducation relative à l'environnement tenue à Tbilisi (URSS), du 14 au 26 1972, les participants ont classé de la façon suivante les finalités de l'éducation environnementale:

1. Prise de conscience: aider les groupes sociaux et les individus à prendre conscience de l'environnement global et des problèmes annexes, les aider à se sensibiliser à ces questions.
2. Connaissances: aider les individus et les groupes sociaux à acquérir une connaissance fondamentale de l'environnement global des problèmes annexes, et du fait que la présence de l'humanité lui est indissolublement liée.
3. Etat d'esprit: aider les individus et les groupes sociaux à acquérir un sens des valeurs sociales, des sentiments d'intérêt solide pour l'environnement et la motivation requise pour vouloir participer activement à l'amélioration et à la protection de l'environnement.
4. Compétences: aider les individus et les groupes sociaux à acquérir les compétences nécessaires à l'identification et à la solution d'environnement.
5. Aptitudes à l'évaluation: aider les individus et les groupes sociaux à évaluer les mesures et les programmes d'éducation relatifs à l'environnement compte tenu des facteurs écologiques, politiques, sociaux, esthétiques et éducatifs.
6. Participation: aider les individus et les groupes sociaux à acquérir un sens des responsabilités et le sentiment de l'urgence en ce qui concerne les problèmes de l'environnement de façon à prendre automatiquement les mesures voulues pour la solution de ces problèmes.

5.4. Principes directeurs de l'éducation et de la formation environnementale.

C'est encore une fois grâce aux travaux de la conférence intergouvernementale de Tbilisi sur l'éducation environnementale que les principes directeurs de cette éducation ont pu être dégagés: celle-ci doit:

1. Considérer l'environnement dans sa totalité sous ses aspects naturels et ses aspects créés par l'homme, technologiques et sociaux (économiques, politiques, technologiques, historico-culturels, moraux, esthétiques);
2. être un processus continu et permanent; elle devra débiter au niveau pré-scolaire et se poursuivre au niveau scolaire,

ainsi que sur le plan non scolaire;

3. Adapter une approche interdisciplinaire, faisant appel aux ressources de chaque discipline de façon à plier les problèmes d'environnement dans une perspective globale et équilibrée;
4. Examiner les principales questions d'environnement dans une optique locale, nationale, régionale et internationale et insister sur la valeur de la coopération locale, nationale et internationale pour prévenir et résoudre les problèmes d'environnement;
5. être axée sur les situations actuelles et futures de l'environnement tout en tenant compte de la perspective historique et étudier systématiquement les aspects environnementaux des plans de développement et de croissance.
6. Faire participer les élèves à l'organisation de leurs expériences d'apprentissage et leur donner l'occasion de prendre des décisions et d'en accepter les conséquences;
7. Etablir un rapport pour les élèves de tous âges, entre la sensibilisation à l'environnement, l'acquisition de connaissances, l'aptitude à résoudre les problèmes et la clarification des valeurs, en mettant spécialement l'accent sur la sensibilisation des plus jeunes aux problèmes d'environnement qui se posent dans leur propre communauté;
8. Aider les élèves à déceler les symptômes et les causes réelles des problèmes d'environnement;
9. Mettre l'accent sur la complexité des problèmes d'environnement et donc sur la nécessité de développer le sens critique et les compétences nécessaires à la solution des problèmes;
10. Utiliser des milieux éducatifs divers et une large gamme de méthodes pour communiquer et acquérir des connaissances personnelles.

Ces principes directeurs de l'éducation environnementale, tels qu'ils résultent d'une analyse des problèmes d'environnement qui se posent à la société, vont être à bien des égards déterminant pour la modernisation de l'enseignement sous ses formes classiques et permettre de l'axer du point de vue méthodologique notamment, sur les problèmes qui intéressent la société contemporaine et la société future.

Il faut souligner le problème théorique posé par la relation entre l'éducation relative à l'environnement et la gestion de l'environnement. Il y a une différence fondamentale entre gestion et science, du point de vue théorique comme du point de vue méthodologique. La science est analytique par définition, la gestion de l'environnement est synthétique. La fragmentation des connaissances et leur extrême spécialisation qui sont la clé du succès scienti-

fique, soit parmi les causes essentielles de la mauvaise gestion de l'environnement. Et ces problèmes revêtent une acuité particulière aux niveaux les plus élevés de l'enseignement scolaire. Par ailleurs la gestion de l'environnement, du point de vue opérationnel, se définira essentiellement par l'action des individus chargés de prendre les décisions qui cherchent désespérément et systématiquement leur action retentit sur l'environnement et comment leurs préoccupations relatives à l'environnement orienteront leur action. Il faut donc que l'éducation et la formation environnementales permettent de concevoir différemment l'interaction entre, d'une part la recherche scientifique, c'est-à-dire l'acquisition de connaissances nouvelles, et la gestion, c'est-à-dire l'application des connaissances existantes aux problèmes.

5.5.1. L'éducation scolaire

On dit souvent que les problèmes concernant la nature interdisciplinaire de l'éducation relative à l'environnement tiennent au fait que l'enseignement scolaire et même extrascolaire en la matière est généralement dispensé dans le cadre de disciplines distinctes et qu'il donne ainsi une image déformée et incomplète du réseau compliqué des interactions et influences mutuelles qui déterminent les questions d'environnement.

Il y a toutefois des problèmes liés au caractère interdisciplinaire de l'éducation relative à l'environnement qui ont un caractère plus fondamental encore que ceux qui s'expliquent par le conservatisme des systèmes d'enseignement sur le plan de l'organisation.

L'un de ces problèmes tient au fait qu'il n'existe pas actuellement un seul et même domaine scientifique qui pourrait porter le nom de science de l'environnement; l'exactitude commande de parler de plusieurs sciences de l'environnement. Qu'une seule et même discipline, quel que soit le nom qu'elle portera éventuellement, soit entrain de se créer, c'est une question dont les experts discutent encore. Mais la relation entre les progrès scientifiques accomplis sur la voie de la création d'une science unifiée de l'environnement, d'une part, et de l'autre, la nécessité de concevoir une éducation unifiée dans un domaine qui ne l'est pas, crée l'un des dilemmes les plus gênants pour tout enseignement relatif à l'environnement, et en particulier pour l'étude en profondeur qu'il incombe aux Universités, par tradition, d'entreprendre.

Il existe un concept propre à servir de trait d'union, qui présenterait peut-être un grand intérêt pour les programmes d'éducation relative à l'environnement dans nos pays en développement, c'est celui d'écodéveloppement, lequel en soit, opère un rapprochement entre les sciences exactes et les sciences naturelles d'une part, et de l'autre, les sciences sociales.

L'écodéveloppement étant un concept lié à la communauté locale, le recours à ce concept pour unifier l'éducation relative à l'environnement sert aussi la réalisation d'autres objectifs et répond à d'autres principes importants de l'éducation et de la formation environnementale. Il convient de noter ici que le recours à un concept d'unification ne veut pas dire que l'éduca-

tion relative à l'environnement devrait nécessairement englober toute forme d'éducation et de formation intéressant le développement. Il faut concevoir le recours à ce concept d'éco-développement comme un instrument pédagogique permettant d'intégrer les grands domaines du savoir intéressant l'éducation et la formation environnementales et de rattacher cette éducation aux besoins locaux.

Comme l'éducation relative à l'environnement ne se ramène pas à inclure une nouvelle série de sujets dans les programmes d'enseignement traditionnel (scolaires et extra-scolaires) mais qu'elle exige des approches, des méthodes et des contenus nouveaux, une grande partie des problèmes auxquels se heurte le développement de l'éducation relative à l'environnement ont trait à la conceptualisation et aux modalités d'insertion des thèmes relatifs à l'environnement dans l'enseignement.

Pour surmonter ces problèmes, les systèmes éducatifs, et en particulier, le système éducatif rwandais, devront être amenés à assouplir leur structure traditionnelle en s'inspirant des caractéristiques de l'éducation relative à l'environnement: interdisciplinarité, importance donnée à la solution de problèmes concrets, ouverture sur la communauté et éducation permanente.

D'après l'exposé de Robert Haumont sur l'Etat actuel de l'éducation environnementale dans la réforme scolaire, lors du 1er Séminaire sur l'éducation et la formation relative à l'environnement au Rwanda, il est heureux de noter que le système semble accorder une prévalence à une pédagogie de projets où l'élève doit mener une recherche qui débouche à la résolution d'un problème concret. Néanmoins, le problème demeure pour les responsables de la réforme scolaire de concilier le caractère interdisciplinaire des problèmes d'environnement avec les besoins de la didactique de fournir un contenu de connaissances à l'élève dans le cadre d'un cours déterminé qui, selon le degré d'enseignement dans notre réforme scolaire prennent le nom de :

"Initiation aux sciences expérimentales" et "Sciences et environnement".

D'un autre point de vue, on peut se demander si cette façon purement scientifique de présenter les problèmes d'environnement aux élèves ne constitue pas une amputation à l'aspect multidimensionnel des problèmes d'environnement que nous avons présenté plus haut.

5.5.2. L'éducation non scolaire

La distinction enseignement scolaire et éducation extra-scolaire n'est pas toujours très nette. Mais aux fins de l'éducation et la formation relatives à l'environnement, nous désignerons par éducation extra-scolaire les cours qui sont donnés par certains organismes, certains établissements compétents, des services d'éducation d'adultes, des organisations bénévoles etc. et aussi, par ailleurs, le type d'enseignement et de formation non scolaire mais néanmoins structuré qui correspond à certains éléments de programmes de développement et au travail pratique lié à certains

problèmes de développement.

Quand nous parlons d'éducation non scolaire et d'éducation scolaire, il importe de noter qu'il existe aussi ce qu'on appelle l'éducation inorganisée: on entend par là généralement toute l'éducation et toute la formation dont bénéficie l'individu du seul fait qu'il grandit dans une société et qu'il y vit. Les valeurs, les croyances, les attitudes propres à cette société ou à ses sous-groupes engagent le contenu et le résultat de ce processus d'éducation inorganisée.

Dans nos pays en développement, comme nous l'avons évoqué en parlant de l'éducation traditionnelle (voir supra), beaucoup d'enfants fréquentent sans doute l'école, mais tous apprennent plus ou moins diverses choses concernant leur environnement dans leur famille et au sein de leur collectivité. Et dans bien des cas, il se pourrait que la part de la famille et de la collectivité dans la formation des attitudes et des valeurs s'avère prépondérante dans nos sociétés où malgré tout les contacts adulte-enfants restent nombreux encore.

Si telle était la situation, il serait capital de prêter main forte aux parents pour qu'ils améliorent leur compétences en tant que guides des enfants dans leur initiation aux questions d'environnement et en tant que soutien des jeunes dans leur action constructive en faveur de l'environnement.

Alles L., et Chiba A., auteurs de "L'éducation relative à l'environnement à l'école maternelle et à l'école primaire" in Tendances de l'éducation relative à l'environnement, UNESCO, Paris, 1977, faut observer que l'acquisition précoce du sens d'un engagement dans l'exécution de certaines opérations faisant appel à un sens de responsabilité vis-à-vis de l'environnement repose pour beaucoup sur l'efficacité dont les parents, les maîtres et les adultes en général peuvent faire montre pour aider les jeunes à s'initier à ces types de travaux. Le grand problème qui se pose à cet égard c'est de motiver les adultes à accomplir eux-mêmes ces opérations et de les amener à se préoccuper également des affaires qui intéressent l'environnement de manière qu'ils puissent exercer, vis-à-vis des jeunes, le rôle immédiat de modèle.

6. Eléments d'une stratégie d'ensemble pour une éducation environnementale

Pour un pays donné, c'est au niveau des plus hautes instances qu'il convient d'en débattre, et cela ne pourrait être fait avec profit que sur base d'expériences diversifiées, analysées avec soin et sans doute faudra-t-il admettre qu'un délai de plusieurs années soit nécessaire pour qu'une telle stratégie soit mise au point. Néanmoins nous donnons ci-après, à titre de contribution, le schéma à suivre pour la réussite d'une telle entreprise.

Tout d'abord, une première étape qui peut être franchie rapidement est celle de la mise sur pied d'une structure nationale de coordination, rassemblant d'une part des fonctionnaires responsables et d'autre part des éducateurs ayant des expériences de

formation et ayant des informations nécessaires sur les questions théoriques et pratiques d'environnement dans notre pays. Il appartiendra à une telle structure d'appuyer les expériences novatrices en cours d'en susciter de nouvelles, d'organiser les échanges d'information internes et externes et de commencer des actions en direction de toute la population d'une part par le tranchement des mass média et d'autre part à tous les niveaux du système éducationnel classique. Cette structure devrait aussi proposer l'orientation et les moyens d'une stratégie générale. A cet égard, il serait, recommandable que les plus hautes instances qui étudient les voies et moyens de mettre sur pied une telle structure. Il serait difficile cependant pour notre pays de se dater dans un délai bref à la fois de centres d'échanges d'expériences, de centres producteur d'outils pédagogiques nouveaux et de point de diffusion de technologies adaptées. Aussi bien, faudrait-il recouvrir à des appuis au niveau interafricain renforcer la coopération bilatérale et régionale en mettant l'accent sur le mandat qui a été donné au Comité Intergouvernemental de la CEA pour coordonner les questions relatives à l'environnement dans la région africaine et au niveau des milpocs.

Il s'en suit donc la nécessité de renforcer les structures administratives et techniques concernées par les questions d'environnement pour permettre un dialogue au niveau bilatéral, multilatéral et international.

LA LEGISLATION SUR L'ENVIRONNEMENT AU RWANDA

Par MUKAYIRANGA Landrada
Ministère des Affaires Sociales
et du Développement Communautaire.

Résumé

Au Rwanda, il n'existe pas de législation sur l'environnement en tant que telle, il y a des textes légaux et réglementaires sur certaines ressources de l'environnement mais ces textes ne sont pas coordonnés, ils sont si épars qu'il est malaisé de les consulter; de ce fait ils ne sont pas à la portée de tous ceux qui devraient s'en servir.

Parmi eux il y en a qui datent de l'époque coloniale et qui renferment des dispositions qui sont pour la plupart désuètes. Les services publics qui sont concernés par les problèmes de l'environnement éprouvent le besoin d'actualiser ces textes.

D'après l'organigramme actuel les Départements qui gèrent l'une ou l'autre ressource de l'environnement sont le Ministère des Ressources Naturelles, Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage, Ministère de l'Économie et du Commerce, Ministère de la Santé Publique et le Ministère des Affaires Sociales et du Développement Communautaire.

Répondant à ce souci de mettre à jour la législation sur l'environnement, certains de ces Départements ont chacun en ce qui le concerne présenté des projets; pour avoir travaillé un peu en ordre dispersé sans consultation préalable avec tous les intéressés, leurs projets n'ont pas toujours connu de suite favorable.

Une intervention harmonisatrice est nécessaire à ce niveau pour coordonner les efforts.

La législation en vigueur comporte une autre lacune: elle est d'application limitée car elle n'est souvent pas accompagnée de mécanismes de contrôle efficaces.

Le séminaire émettra des recommandations sur la meilleure méthode de légiférer dans le domaine de l'environnement.

L'auteur entend soumettre aux participants les questions telles que les suivantes :

- faut-il continuer à légiférer par secteur ?
- faut-il un texte unique sur l'environnement ?
- faut-il renforcer les sanctions répressives pour assurer la protection de l'environnement ?

L'auteur fournira des références sur les textes en vigueur assortis de commentaires sur les projets en cours et enfin sur les institu-

tions chargées de leur exécution.

Le droit rwandais ne comporte pas un code de l'environnement, en cette matière il existe des textes légaux et réglementaires sur l'une ou l'autre ressource mais ils sont tellement éparpillés qu'on les trouve difficilement quand on veut les consulter ou se documenter.

En l'absence d'une loi coordonnée, je dirais qu'il n'existe pas de législation sur l'environnement en tant que telle. S'il est difficile pour un fonctionnaire d'être renseigné de façon satisfaisante sur les lois en vigueur, on comprend sans mal que la population n'a que peu de chance de disposer d'une information y relative.

Au fait, ce ne sont pas les éléments de la législation sur l'environnement qui manquent, nous disposons même de tout un arsenal de textes qui vont des décrets de l'époque coloniale aux lois de nos jours.

Cependant à travers l'amalgame de mesures aux appellations diverses (décrets, ordonnance tout court, ordonnance loi, Arrêté Royal, Lois, Décrets-loi, Arrêté Présidentiel, Arrêté Ministériel, Instruction, Circulaire....) même les plus avisés font difficilement la part de la loi proprement dite et du règlement.

De plus parmi ces textes, il y en a dont on trouve des fragments dans le corps d'autres mesures sans rapport direct avec l'environnement, d'autres qui sont incomplètes parce que le volet protection, gestion et restauration de l'environnement n'est qu'effleuré. Il y en a aussi qui sont anachroniques, tel les décrets qui datent du début du siècle qu'on se demande s'ils ne sont pas tombés en désuétude.

S'agissant de la protection de l'environnement, le souci manifesté par les autorités rwandaises au cours de ces dernières années n'a pas laissé indifférent le législateur rwandais, en effet au début de l'année 1982, le Conseil National du Développement a adoptée la loi sur la protection et la conservation du sol. Il convient de signaler aussi qu'un accent tout particulier a été mis sur cet élément précieux de notre patrimoine dans les directives du 3ème plan quinquenal.

Tous permet d'espérer que d'autres mesures suivront, je pense notamment à la future loi sur la forêt et à une probable loi sur l'eau etc...

Certains services publics chargés de la gestion ou la surveillance de l'un ou l'autre élément de l'environnement ont chacun en ce qui le concerne élaboré des projets soit pour actualiser les vieux textes, soit pour renforcer les mesures de protection qui, n'ont pas toujours connu de suite favorables.

Le reproche à leur faire est que ces initiatives voient le jour en dehors d'une concertation préalable avec tous les intéressés.

De cette façon de faire, il résultera et c'est la tendance aujourd'hui une prolifération de mécanismes parallèles pour la surveillance et la gestion de l'environnement car chacun dans sa sphère recommande qu'il soit institué un comité de ceci, un conseil de cela, conférence pour ça, commission de ceci, etc.

L'existence de plusieurs équipes alors que les ressources sont interdépendantes et complémentaires n'est pas justifiée.

Le comité national de l'eau.

Le groupe forestier et la commission préfectorale pour les sols, tant de mécanismes dont les compétences se chevauchent ne devraient-ils pas fusionner ?

Il faudrait aussi une harmonie au niveau de la mise en place de ces mécanismes, en effet les uns émanent du législateur d'autres du pouvoir exécutif, cela peut provoquer des heurts dans la définition de leur compétences.

Au delà des défauts qui entachent notre législation sur l'environnement se pose aussi le problème de son application.

L'élaboration d'une loi est une chose et son application en est une autre. Il n'est pas rare que de bonnes lois deviennent lettre morte ou demeurent d'application très limitée.

C'est que souvent les moyens ne sont pas à la hauteur des ambitions poursuivis par le législateur; mais je pense aussi que la grande majorité que les lois sont sensées régir, n'y voient pas clair ou les ignorent.

La plupart des mesures législatives sont d'abord conçues en français, rédigées dans un langage hautement technique et sophistiqué de telle sorte qu'elles demeurent incompréhensibles.

De plus les moyens de vulgarisation de la loi étant très limités dans notre pays, on se rend compte que les lois ne sont pas accessibles à la masse qui ignore jusqu'à leur existence et pourtant "nul n'est censé ignorer la loi".

Prenons le seul exemple de loi sur la conservation et la protection du sol, les paysans qui constituent à 90% de la population et qui sont les plus concernés par cette loi, en connaissent-ils la teneur, savent-ils à tout le moins que cette loi existe, j'en doute.

Je demanderais aux participants d'examiner toutes les possibilités de mettre la loi à la portée de la masse en même temps qu'ils étudieront la meilleure méthode de légiférer dans le domaine de l'environnement.

CONCLUSION

Ce cadre juridique ainsi tracé n'est pas approprié pour la gestion de l'environnement.

Ce qu'il convient de faire dans l'immediat, c'est de rassembler tous les éléments de la législation sur l'environnement, de combler les lacunes là où il en existe de mettre à jour les vieilles mesures

et faire un code avec ça pour éviter une législation disparate.

J'attends de ce Séminaire les suggestions sur la meilleure façon de légiférer dans ce domaine. Les participants pourraient notamment apprécier de l'opportunité de nouvelles lois et jeter les bases de leur contenu.

Les participants pourront également recommander la création d'un mécanisme adéquat de coordination et de surveillance de l'environnement.

En terminant, je leur demanderais tout particulièrement de proposer une méthode de collaboration entre les différents services publics dans les attributions desquelles se trouve les questions environnementales.

RENEWABLE ENERGY AND CAMERTEC EXPERIENCE

By Steven C. KITITU
Centre for Agricultural Mechanization
and Rural Technology (CAMERTEC)
P.O. Box 701 ARUSHA, TANZANIA

Background

The inevitability of transition from traditional to new and renewable sources of energy is now recognized as a fact especially by oil-importing developing countries. During the United Nations Conference on New and Renewable Sources of Energy held in Nairobi in August, 1981, the following sources were recommended as possible alternatives:

Solar energy, hydro-power, wind and tide, as well as biomass.

1. Introduction

The Centre for Agricultural Mechanization and Rural Technology (CAMERTEC) was established by an Act of Parliament in October 1981. The aim of the Centre shall be to improve the quality of rural life through development, adaptation and implementation of appropriate technologies in the fields of agricultural mechanization, water supply, building construction and sanitation, rural transport and energy.

2. Historical background

CAMERTEC which officially started its operation in January, 1982 is a merger of two separate institutions one formerly known as Tanzania Agricultural Testing Unit (TAMTU) and Arusha Appropriate Technology Project (AAP). TAMTU used to test agricultural machinery for their suitability to Tanzanian conditions. TAMTU activities date back from 1955. AAP was started in 1977 as a project under Small Industries Development Organization (SIDO). The functions of the project was to do research and development in building materials, rural transportation, energy and water supply. Both institutions, apart from their station activities, had extension and production responsibilities to ensure that the developed technology reaches the people in the field.

3. Location

The Centre is located in Arusha region, northern Tanzania. The Centre is 16 kilometers from Arusha municipality on the old Moshi-Arusha road and railway. The location of the Centre offers a good working environment with cool temperatures and average rainfall.

Located on 80 hectares of level land, there is enough room for residential area, offices, workshop, testing ground and recreation.

4. Functions of the Centre

The functions of the Centre include the following:

- (a) To carry out applied research designed to facilitate the designing, adaptation and development of machinery and equipment suitable for use in agricultural and rural development.
- (b) To develop and manufacture approved prototype, components and cultural techniques and technologies and evaluate their suitability for local adaptation.
- (c) To adopt foreign designs of agricultural machinery and equipment to suit local conditions of manufacture and maintenance.
- (d) To perform tests on all types of machinery and equipment intended for use in agricultural and rural development in the United Republic and to publish their results.
- (e) To conduct short training courses designed to provide practical training and knowledge to village communities in the use and maintenance of agricultural machinery and other appropriate technology devices.
- (f) To offer consultancy services on the designing, testing and other technical aspects of agricultural mechanization.
- (g) To act as the National institutions engaged in activities related to the functions of the Centre.

5. Organizational Structure

The Centre is a parastatal organization under the Ministry of Industries. The running of the Centre is directed by the Board of Directors under a Chairman appointed by the President of the United Republic of Tanzania. The day to day management of the Centre is directed by the Director General also appointed by the President.

There are four directorates under the Director General, these include:

- (a) Directorate of Technology Development
- (b) Directorate of Testing and Production
- (c) Directorate of Extension and Training
- (d) Directorate of Finance, Administration and Planning.

The above mentioned directorates are staffed with professionals, technicians and artisans.

6. Programmes of the Centre

(a) The directorate of technology development will research on developing machines, implements, building materials and energy sources that are suitable to the rural people in Tanzania. Already gobar-gas Biogas has shown good results. Agricultural processing machines, Wood fuel, Wind power and Solar energy systems are areas of priority of the Centre. Improvement of rural houses by developing on local building materials, is one project that has a big demand. Other areas are in water pumping systems, health facilities, crop storage and transportation at a cheap cost.

(b) Testing and Production Programme

In this programme testing of various implements, power units, machines and techniques will be necessary before recommendations to the field are made. The sources of these equipments are outside and inside the country. Any newly developed device by the Centre will also be tested before production or use in the field. The Centre will continue to produce from chosen prototypes those machines where field demand is big and where the demand cannot be satisfied by local producers. Production of some components of machines or parts of those machines will also be done. Such activities will earn some revenues for the Centre.

(c) Extension and Training Programme

In order to pass technology to the people who need it, a comprehensive extension programme will be pursued by the Centre. The Centre will have field contacts with regional heads and relevant staff who are engaged in manufacturing the prototypes approved by the centre. The centre then will have a coordinating role between the sources of technology and the end users. A feed-back from the field to CAMERTEC will be necessary so that improvement of existing technology or techniques can be done. It is therefore important that training be done by the centre. Training will either be centre or field based. At the centre, selected groups of people will undergo short term practical training so that they can go back to the villages and teach fellow village technicians on learnt skills. Field training will be done by centre personnel in identified villages or field centres to villagers or groups of skilled people on what CAMERTEC finds will benefit them. It is through training that technology can spread to the users.

In conducting extension and training, various proven communication skills will be used. The emphasis will be to train the people to help themselves using whatever resources resources available in the locality. The idea of technology

at a reasonable cost will be one area of concern.

The purpose of this paper is to try to present to this conference the experience gained over a period of six years (1977 - 1982) in the field of renewable energy within the Technology Development Directorate.

During the period under review, CAMERTEC has involved itself in the development, construction, testing, and dissemination of renewable energy systems. The specific areas covered include solar wind, animal power, biomass and energy conservation measures. The following is an overview of CAMERTEC involvement in this field.

Solar Energy

In order to substitute use of oil and electricity, our organization constructed and demonstrated solar water heaters, solar cookers, and solar food driers. During this period, a group of technicians were trained in the construction and installation of these devices. Later, this group formed into a small co-operative to commercialize on Solar energy devices among others. As the end of 1981 they had installed at least 20 solar water heaters in various places in Tanzania.

Also a construction handbook has been written on the subject. This 40 page solar water heater construction manual gives step by step instructions on how to build and instal a 220 litre water heater based on available resources in Tanzania.

Wind Energy

In early 1977, a windmill was one of our full-scale development undertakings. At that time, however, imported windmills were already operating in certain areas of Tanzania. What CAMERTEC hoped to achieve at the end was a slow speed, high torque windmill design with a matching pump capable of being manufactured locally utilizing local materials and skills.

As early as 1977 Ujuzi Leo Industries (ULI) was founded with assistance from the Arusha Appropriate Technology Project (AATP) and the Small Industries Development Organization (SIDO) to build water pumping windmills to the AATP design, popularly known as the Arusha Windmill.

A brief description of the Arusha Windmill (designed by Dick Staley) is given in Appendix 1.

After building some 20 Arusha Windmills ULI decided to stop production on this design because of numerous technical problems experienced in the field. Moreover, outside experts have felt that improvement based on this design were impossible.

Today ULI in close collaboration with the wind Energy Development for Developing countries (SWD) is building a 5.m. diameter windmill considered to be a vast improvement over the Arusha Windmill

and has proven to be far more reliable. An additional modification is the design of a new pump designed specifically for the Tanzanian situation and geared for local manufacture.

Data sheet on the ULI Windmill is given on Appendix II.

Ujuzi Leo Industries remains the only local pioneering company in Tanzania commercializing the field of wind energy. Although the company is currently faced with production as well as logistical constraints, it has manufactured and installed about 22 windmills over the past five years. Their practical experience gained both in production and in the field is a valuable asset in the application of wind energy for water supply in rural areas.

Animal Power

The question of rural transportation poses a big challenge on the part of development planners. Because of poor road situation in rural areas coupled with soaring imported fuel and machinery cost, it becomes imperative to consider alternative means of moving agricultural produce and other goods in rural and even in urban situations.

In this regard, CAMERTEC is continually engaged in the innovation on traditional means of transportation such as ox-carts, pedal power and so on.

This year, CAMERTEC is co-ordinating a national cart project involving training of rural production groups, procurement of raw materials, distribution and marketing. It is estimated that the initial cost of this project will cost about Tshs. 75,000 with an annual production of 5,000 carts (mukokoreni). This implies an average of one cart for each village per year.

Biogas

In comparison to direct solar, cooking from biogas seems to be more favoured by most people in Tanzania. A recent survey carried out by CAMERTEC reveals that about 36 biogas digesters were made and installed between 1977 and 1981 in two regions (Arusha and Kilimanjaro) alone.

CONCLUSION

The transition to renewable energy used especially in developing countries is possible, since it is unquestionable that the need does exist and there are a lot of possibilities of adaptation by institutions and village communities. The only drawback is that further locally oriented research is required in order to establish the technology most appropriate for a given situation. More research should concentrate on establishing the economic worthiness as well as the social and environmental impact of each system.

APPENDIX I - THE ARUSHA WINDMILL

Rotor

Rotor diameter	5m
Number of blades	6
Tip speed ratio	= 2 (appr.)
Blade material	Corrugated iron; later versions of the Arusha windmill had blades made out of cambered plates
Rotor spokes	Spokes were made out of 1" pipes, reducing to $\frac{3}{4}$ " pipes near the tips
Bracing	Steel wire runs from blade tips to extension of rotor shaft, to take the thrust load of the rotor
Comment on rotor	rotor spokes are too thin, which may lead (and in practice has led) to bent spokes. Connection of blades to rotor spokes is not stiff enough, which may cause torsional vibrations of the blades (which was confirmed in practice). Much wastes in the manufacturing of the blades.

Head, including transmission

The head is a complicated construction, that lacks a logical design approach. Insufficient strength and stiffness has led to numerous failures of the crank mechanism, bearings and bolts. Fulfilling demands of sufficient strength and stiffness would implicate making a new design of the head + transmission due to overall inherent weakness of the design.

Safety mechanism

The windmill was equipped with a hinged tail, but without side vane, or excentric rotor. Hence the tail vane did not act as a safety mechanism, and in high wind speeds the rotor has to be turned out of the wind manually.

The truss of the vane had no diagonal bracings to take the shear load, which has resulted in breaking of the vane support at the connection of the head.

Tower

The tower was made of $3 \frac{1}{2}$ " pipes, length 20'. Due to the absence of bracings vibrations have occurred in wind speeds above 5 m/s. By mounting bracings, ULI has cured this problem.

Pump

The pumps mounted under the Arusha windmill are the locally manufactured Majengo pumps.

The cylinder is a 2 ½" steel pipe, with a 2" polyethylene lining inserted. Bore is roughly 2", stroke 6".

Valves are made from Landrover valves.

Piston is a leather cup.

Comment on pump

For heads up to some 30 m the pump is undersized for the 5 m windmill; a properly matched pump can double the yield. At higher heads the leakage reduces yield dramatically.

High pump rod forces occur, due to the combination of not using air chambers and a rising main with a smaller diameter than the cylinder diameter.

In this case there is an increase in acceleration forces on the water of four times the acceleration forces in case there is no reduction in diameter.

Source: "BUILDING THE ULI 5000 water pumping windmill in Tanzania"
R. Schemerhorn, SWD march 1982.

APPENDIX 2 - DATA SHEET ON THE ULI 5000

Rotor

Rotor diameter	D = 5 m
Number of blades	B = 18
Tip speed ratio	= 1.5
Type of rotor	truss rotor, made of angle iron and steel sheet blades
Bearings rotor shaft	Self aligning spherical roller bearings
Height rotor above ground level	8.7 m

Head

The head consists of a 6" head pipe with a framework made of angle iron.

Rectilinear movement of the pump rod is achieved with a swingarm under the rotor shaft.

Crank	Adjustable crank for a stroke of 100 and 150 mm (4" and 6")
-------	---

Bearings of crank mechanism self aligning double row ball bearings.
Thrust bearing between head and tower: cylindrical roller bearing.

Safety mechanism

Hinged tail safety mechanism with side vane mounted outside the rotor.

Tower

The tower is a four legged truss tower and consists of three welded sections that can be bolted together.

Sections can all be shoved in another for easy transport.

Tower height 7.7 m

Leg spacing at ground level 1.8 m

Hinges on tower legs allow easy raising and lowering of windmill.

Pump

SWD 78 single acting piston pump with a bore of 78 mm.

Piston sealing with leather cup.

Cylinder made of cast iron.

Systems data

The design wind speed depends on lifting head and adjusted stroke:

Lifting head	stroke	stroke volume	V_{design}	yield at V_{design}
30 m	0.10 m	0.47 ltr	2.1 m/s	0.34 m ³ /hr
30 m	0.15 m	0.72 ltr	2.6 m/s	0.64 m ³ /hr

Starting wind speed

Emphasis has been placed upon achieving a starting wind speed below the design wind speed.

Source: BUILDING THE ULI 5000 WATER PUMPING WINDMILL IN TANZANIA
R. SCHERMERHON SWD March 1982

L'EXPERIENCE DU CENTRE DE MECANISATION AGRICOLE
ET DE TECHNOLOGIE RURALE -CAMERTEC- EN MATIERE
D'ENERGIES RENOUVELABLES

Par STEVEN E. KITUTU

Résumé

Il est aujourd'hui connu un fait que la transition des sources traditionnelles d'énergie aux sources d'énergies Renouvelables est inévitable surtout dans les pays en voie de développement qui importent des produits pétroliers. Pendant la conférence des Nations-Unies sur les Energies Nouvelles et Renouvelables qui s'est tenue à Nairobi en Août 1981, les sources d'énergie suivantes ont été retenues comme alternatives possibles :
Energie solaire, hydroélectricité, éolienne et des marées aussi bien que la biomasse.

(CAMERTEC : Centre for Agricultural Mechanization and Rural Technology)

I. Introduction

Le Centre de Mécanisation Agricole et de Technologie Rurale (CAMERTEC) a été créé par le décret loi du Parlement en Octobre 1981. Les objectifs du Centre sont l'amélioration de la qualité, le développement et l'adaptation des technologies appropriées du domaine de la mécanisation agricole, de l'approvisionnement en eau, de la construction des habitations et de la santé, du transport rural et de l'énergie.

II. Fondements historiques

CAMERTEC qui a officiellement commencé ses activités en Janvier 1982, est née de la fusion de deux Institutions précédemment dénommées TAMTU (Unité Pilote de Machinisme Agricole de Tanzanie) et AATP (Projet de Technologie Appropriée d'Arusha). TAMTU s'occupait de tester les machines agricoles pour déterminer leur adaptabilité aux conditions particulières de Tanzanie. Ses activités remontent à 1955. AATR avait débuté en 1977 comme un projet sous le contrôle de SIDO (Organisation de Développement des Petites Industries). Les objectifs assignés au projet étaient la recherche et le développement de matériaux de construction, de production d'énergie. Toutes ces institutions, en dehors de leurs activités déclarées, avaient en outre la charge de s'assurer que les

technologies développées atteignent les populations rurales.

III. Situation

Le Centre est situé dans la région d'Arusha dans le Nord de la Tanzanie, à 16 km de la municipalité d'Arusha sur le trajet de la vieille route et de la voie ferrée Moshi-Arusha. Cette position du Centre lui offre un bon environnement de travail avec des températures tempérées et des précipitations de pluie moyennes. Occupant 80 hectares de terrain nivelé, il y a assez d'espace pour une zone résidentielle, des bureaux, des ateliers, des terrains d'expérience et de test, et de loisir.

IV. Fonction du Centre

Les fonctions assignées au Centre se définissent comme suit :

- a) Entreprendre la recherche appliquée en vue de faciliter la création, l'adaptation et le développement de machines et d'équipement appropriés au service de l'agriculture et du développement rural.
- b) Développer et confectionner des prototypes approuvés, des pièces de rechange, développer des techniques culturales et des technologies et évaluer leur adaptabilité aux conditions locales.
- c) Soumettre à des tests tous types de machines et d'équipement destinés à l'usage agricole et au développement rural en République Unie de Tanzanie et publier les résultats.
- d) Organiser les cours de formation accélérée en vue de dispenser des connaissances pratiques et du savoir aux Communautés Villageoises pour l'utilisation et l'entretien du matériel agricole et autres mécanismes de technologie appropriée.
- e) Offrir des services d'assistance pour encourager l'innovation, l'expérimentation et la mise en oeuvre d'autres aspects techniques de la mécanisation agricole.
- f) Servir de lien officiel avec d'autres Institutions nationales ou internationales engagées dans des activités en relation avec les fonctions du Centre.

V. Organigramme

Le Centre est une organisation étatique placée sous la tutelle du Ministère des Industries. Le programme d'activités du Centre est arrêté par un Conseil d'Administration sous la tutelle d'un Président désigné par le Président de la République de Tanzanie. Le fonctionnement quotidien du Centre est assuré par un Directeur Général également nommé par le Président.

Général. Il y a quatre directions sous l'autorité du Directeur

- a) Direction du Développement technologique
- b) Direction des Tests et de la Production
- c) Direction de la Vulgarisation et de la Formation
- d) Direction des Finances, de l'Administration et de la Planification.

Ces directions sont animées avec du personnel qualifié, des techniciens et des artisans.

VI Programme du Centre.

a) La Direction du Développement technologique entreprend de la recherche et développement pour la production de machines, de mécanismes qui conviennent aux populations rurales de Tanzanie. Déjà l'exploitation du bio-gaz a fourni de bons résultats. Les machines agricoles, les systèmes utilisant l'énergie d'origine végétale, à l'énergie éolienne, à énergie solaire sont sujets de priorité du Centre.

L'amélioration de l'habitat par la mise en oeuvre de matériaux locaux de construction est un projet de grande priorité. D'autres domaines de recherche sont les systèmes de pompage de l'eau, les commodités sanitaires, la conservation des récoltes, et les transports à bas prix.

b) Direction des Tests et de la production

Elle a pour tâche d'expérimenter différents systèmes, unités de production d'énergie, machines et techniques avant de les recommander sur le terrain d'utilisation.

Ces équipements sont d'origine extérieure ou intérieure. Les nouvelles inventions du Centre sont testées avant leur production et utilisation sur le terrain. Le Centre continue à produire parmi les prototypes choisis, les systèmes pour lesquels la demande en campagne est la plus grande et ceux pour lesquels la demande ne peut pas être satisfaite par les fournisseurs locaux. La production de pièces détachées de ces machines est elle aussi assurée. De telles activités sont d'ailleurs des sources de revenus pour le Centre.

c) Direction de la vulgarisation et de la formation

En vue d'encourager la technologie aux gens qui en ont le plus besoin, un programme systématique de vulgarisation est poursuivi par le Centre. Le Centre travaille en relation étroite avec les chefs régionaux et le personnel compétent chargé de la manufacture des prototypes approuvés par le Centre. Le Centre joue alors le rôle de coordination entre producteurs et utilisateurs de technologie. Un retour au CAMERTEC des techniques du milieu sera nécessaires pour assurer le suivi et l'amélioration des techniques proposées. Il est donc important que le Centre ait une fonction de formation. Les cours peuvent être dispensés au Centre ou sur le terrain. Dans le Centre, des groupes de personnes sélectionnées suivent des cours pratiques de petite durée de façon qu'ils puissent retourner dans leurs villages ayant acquis un minimum de l'habileté technique

d'un technicien de village. La formation sur le tas est elle aussi assurée par le personnel du Centre dans des villages identifiés ou dans des Centres sur le terrain, en direction de villageois ou de groupes de personnes entraînées, sur des sujets qui servent le mieux leur intérêt.

C'est à travers des actions de formation que l'on peut parvenir à vulgariser la technologie auprès des utilisateurs.

Pour conduire des programmes de vulgarisation et de formation, différents moyens de communication peuvent être utilisés. L'accent doit être mis sur la formation des gens de manière à les habituer à utiliser toutes les ressources de leur localité. L'idée maîtresse, c'est le développement de la technologie à des coûts acceptables.

Cette communication se propose de présenter à ce Séminaire l'expérience vécue sur une période de six ans (1977-1982) dans le domaine des énergies renouvelables, par la Direction de la Technologie et du Développement.

Pendant cette période, le CAMERTEC a participé à des actions de développement, construction, test et vulgarisation de systèmes à énergie renouvelable: les domaines spécifiques couverts comprennent le soleil, le vent, la traction animale, la biomasse et les mesures de conservations de l'énergie. Nous présentons ci-dessous le bilan des activités du CAMERTEC.

Energie Solaire

Pour trouver un substitut au pétrole et à l'électricité, notre organisation a construit et mis en démonstration des chauffe-eau solaires, des cuisinières solaires, de séchoirs solaires. Pendant cette période un groupe de techniciens a été entraîné à la construction et à l'installation de ces appareils. Plus tard, le groupe se constitua en petites coopératives de la commercialisation de ces appareils et de leur vulgarisation. (Institutions publiques, hôpitaux, écoles, maisons particulières). A la fin de 1981, ils avaient installé au moins 20 chauffe-eau solaires en divers endroits en Tanzanie.

Par ailleurs, un manuel de construction a été écrit sur ces systèmes. Ce guide technique de construction de chauffe-eau solaire de 40 pages décrit point par point les étapes de construction et d'installation d'un chauffe-eau solaire de 220 litres à partir de matières premières disponibles en Tanzanie.

Très tôt en 1977, l'on entrepris la généralisation à grande échelle de l'usage d'éoliennes. A ce moment, des éoliennes importées fonctionnaient déjà en Tanzanie. Ce que le CAMERTEC se proposait de réaliser, c'était une machine pour le pompage capable d'être manufacturée en Tanzanie à partir de matériaux primaires et avec les compétences locaux.

Dès 1977 ULI (Industries Leo Ujuri) furent créées sous la tutelle de l'AATP (Projet de Technologie Appropriée d'Arusha)

et de SIDO (Organisation du Développement des Petites Industries) pour construire des éoliennes destinées au pompage selon les plans de l'AATP, modèle devenu populaire sous l'appellation Arusha windmill (Eolienne d'Arusha).

Une brève description de ce modèle (dessiné par Dick Staley) est fournie en annexe I. (Documents VITA)

Après avoir construit 20 éoliennes de ce type, ULI a décidé d'arrêter cette production à cause de nombreux problèmes techniques surgis sur le champ d'expérience. De plus, des experts étrangers avaient senti que l'amélioration de ce modèle serait impossible.

Aujourd'hui ULI, en étroite collaboration avec SWD (Développement de l'Énergie Éolienne dans les pays en voie de développement) sont en train de construire une éolienne de 5 m de diamètre, éolienne qui est considérée comme très nettement perfectionnée par rapport au Moulin d'Arusha, et qui est bien plus faible. Ajoutons à cela une modification intervenue par l'addition d'une pompe nouvelle spécialement conçue pour le contexte Tanzanien et prévue pour être manufacturée localement.

Un crequis de l'éolienne ULI est fourni en annexe II. Les industries Leo Uzuri demeurent la seule entreprise pionnière de Tanzanie, pour l'utilisation de l'énergie éolienne. Quoique cette compagnie soit couramment confrontée avec des contraintes de logistique et de production, ils ont construit et installé environ 22 éoliennes ces cinq dernières années. L'expérience pratique acquise tout à la fois pour la production et l'utilisation sur le terrain, est un acquis appréciable pour les applications de l'énergie éolienne pour le pompage de l'eau, dans les zones rurales.

Traction animale

Les problèmes de transport en milieu rural sont un "casse tête chinois" pour les planificateurs du développement. A cause du mauvais état des routes en milieu rural et des coûts élevés du pétrole et des machines importées, il devient impératif de trouver des moyens de recharge pour assurer la circulation des produits agricoles et autres matériaux en milieu rural et même en milieu urbain.

A Cet égard, le CAMERTEC est engagé dans des actions dynamiques d'innovations en matière de transport : charettes, bicyclettes de transport, etc...

Cette année, le CAMERTEC est en train de coordonner un projet national "fabrication de charettes" qui implique la formation de groupes de production ruraux, l'approvisionnement en matière, la distribution et la commercialisation. Le coût initial du projet est estimé à 75.000 Shillings Tanzaniens, ce qui correspond à une production annuelle de 8.000 charettes (mikakoteni en Swahili). Ce qui correspond à une moyenne de production de 1 charette par village par an.

Biogaz

En comparaison avec l'utilisation de l'énergie solaire directe, la cuisine au biogaz semble recevoir un meilleur accueil par la plupart des gens en Tanzanie. Une enquête récente menée par CAMERTEC a révélé qu'environ 36 digesteurs avaient été réalisés et installés entre 1977 et 1981 dans deux régions (Arusha et Kilimanjaro) seulement. (Il y a 20 régions administratives en tout)

CONCLUSION

La transition à l'utilisation des énergies renouvelables dans les pays en développement est possible puisqu'il est indiscutable que le besoin existe et qu'il y a un échantillonnage de possibilités et d'adaptations par des institutions et des communautés villageoises. Le seul inconvénient est qu'il est nécessaire d'entreprendre de la recherche orientée vers la satisfaction de besoins locaux en vue d'établir la technologie la plus appropriée à une situation donnée. L'effort de recherche doit se consacrer davantage à l'évaluation de l'intérêt économique et social ainsi que l'impact sur l'environnement de chaque système.

Chapitre VII

SEANCE DE CLÔTURE

1. **Recommandations Générales**

Lues par Monsieur KAYIHURA Vincent
Secrétaire Général au Ministère
des Affaires Sociales et du Dévelop-
pement Communautaire

2. **Motions de Remerciements des Délégués Africains**

Lues par Monsieur Albert WRIGHT Délégué
du Niger

3. **Discours de Monsieur NTEZILYAYO Anastase, Secrétaire Général au Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage Représentant le Ministre**

4. **Discours de Monsieur Norman Olsen Représentant l'U.S.A.I.D.**

5. **Discours de Monsieur IYAMUREMYE Daniel Ministre des Ressources Naturelles**

6. **Discours de Monsieur GATABAZI Félicien Ministre des Affaires Sociales et du Développement Communautaire**

7. **Discours de Clôture Officielle, prononcé par Monsieur NTAGERURA André, Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.**

Recommandations Générales du premier Séminaire
Sur les "Apports des Energies Renouvelables
à la Gestion de l'Énergie et de l'Environnement
au Rwanda" lues par Monsieur KAYIHURA Vincent
Secrétaire Général au Ministère des Affaires
Sociales et du Développement Communautaire au nom
de tous les participants.

Kigali, le 15 Janvier 1983

Le premier Séminaire sur les Apports des Energies Renouvelables à la Gestion de l'Énergie et de l'Environnement au Rwanda s'est tenu à Kigali du 10 au 15 Janvier 1983.

Ce Séminaire a été organisé à l'initiative du Centre d'Études et d'Applications de l'Énergie au Rwanda de l'U.N.R. avec la collaboration technique des Départements Ministeriels suivants : le MINESUPRES, le MIRENA le MINAGRI et le MINASODECO, avec l'assistance de VITA (Volunteers in Technical Assistance) et de l'E.T.M.A. (Environnement Training and Management in Africa), l'appui financier venant de la Présidence du M.R.N.D. et de l'U.S.A.I.D.

Il avait pour objectifs :

1. D'étudier le problème de la dégradation de l'environnement causé par la pression actuelle sur les ressources énergétiques.
2. D'identifier et sélectionner les techniques des énergies renouvelables susceptibles de réduire les pressions actuelles sur les ressources naturelles, l'eau, le sol, le bois, l'air et les hydrocarbures.
3. De favoriser l'échange d'expérience entre les institutions œuvrant au Rwanda pour la promotion des énergies renouvelables dans le but de permettre une coordination des différentes activités dans le domaine
4. D'informer le peuple rwandais sur les avantages de l'utilisation des technologies des énergies renouvelables et l'importance de la protection de l'environnement.
5. De permettre un échange d'expérience avec les représentants d'autres pays d'Afrique connaissant des problèmes semblables
6. De sensibiliser les institutions locales et étrangères sur la nécessité de soutenir davantage les initiatives rwandaises en matière d'énergies renouvelables.

Après cette constatation du fait que la recherche des sources énergétiques au Rwanda exerce dangeureusement une pression sur les ressources naturelles et l'environnement, les participants à ce Séminaire ont arrêté les recommandations suivantes :

1. Adoption et Application par les autorités compétentes d'une politique et d'une législation plus conséquentes en matière d'environnement et d'énergie.
2. Mise sur pied d'un service qui serait chargé de la coordination des problèmes relatifs à l'environnement de tous les services et domaines d'activités du pays et qui fournirait, au besoin, des explications y relatives.
3. Favoriser les échanges d'idées et de coopération au niveau national, régional et international en matière d'énergie et d'environnement.
4. Multiplier les rencontres étudiant les problèmes de l'énergie et de l'environnement.
5. Encourager les utilisateurs des cuisinières et fours améliorés sans toutefois brusquer les habitudes socio-culturelles de la population notamment en les incluant dans les plans de construction.
6. Eviter dans la mesure du possible, tout aménagement qui ne tient pas compte de l'environnement.
7. Introduire un système de collecte des déchets dans les milieux agglomérés dans le double but d'assainissement et de production de l'énergie.
8. Utiliser les structures politiques et administratives du pays dans la diffusion des techniques d'utilisation des énergies nouvelles et renouvelables et de la protection de l'environnement.
9. Inclure dans les programmes d'éducation scolaire et extra-scolaire des sujets sur les énergies renouvelables et la protection de l'environnement.
10. Former les formateurs et les techniciens en matière d'énergie et d'environnement.
11. Rechercher les financements nécessaires en vue de la promotion des énergies nouvelles et renouvelables et la promotion de l'environnement.
12. En particulier, constituer un fonds national de l'énergie permettant l'utilisation des énergies nouvelles et renouvelables en milieu rural.
13. Privilégier et protéger l'utilisation des appareils à énergies renouvelables fabriqués dans le pays.
14. Mettre sur pied des unités de production d'appareils et de pièces d'équipement dans le domaine des énergies nouvelles et renouvelables.
15. Concernant l'économie d'énergie, il est recommandé qu'en plus des solutions techniques classiques et renouvelables préconisées pour la gestion de l'Énergie, qu'un effort pour l'économie de l'énergie soit exigé de tous.
16. Mettre à jour régulièrement les besoins en énergie.
17. Mener des études en vue de la mise en valeur des produits secondaires issus de la production de l'énergie.

18. Mettre au point et vulgariser les techniques de fabrication du charbon de bois.
19. Encourager la recherche en matière d'énergie et d'environnement.

Remerciements

1. Les participants à ce Séminaire remercient Son Excellence le Général Major HABYALIMANA Juvénal Président de la République et Président Fondateur du M.R.N.D. pour l'intérêt qu'il a manifesté aux Travaux du Séminaire en venant personnellement prendre connaissance des réalisations en matière d'énergie renouvelable et de la protection de l'environnement.
2. Les participants remercient la Présidence du M.R.N.D. pour le soutien financier et matériel que le Secrétaire Général a accordé pour la réussite de ce Séminaire.
3. Nos remerciements vont également à l'U.S.A.I.D., l'E.T.M.A. et VITA qui ont ménagé aucun effort pour la réussite de ce Séminaire.

Les participants remercient enfin les Départements Ministériels qui leur ont prêté leur concours techniques et matériel tout au long des travaux, ainsi que toute personne et organisation qui ont participé de près ou de loin à la réalisation des objectifs du Séminaire.

Les Organisateurs s'excusent de toute défaillance qui aurait eu lieu au cours des travaux de ce Séminaire si cela s'est produit s'était indépendamment de leur volonté.

433

MOTION DE REMERCIEMENTS ET D'ENCOURAGEMENT
A L'ACTION, DES ETATS AFRICAINS FRERES, AU
GOUVERNEMENT ET AU PEUPLE RWANDAIS.

Les représentants des Etats Africains suivants :
BURUNDI, MALI, NIGER, SENEGAL, TANZANIE

engagés dans des activités de recherche en vue de la promotion
des Energies Nouvelles et Renouvelables dans leurs pays respectifs

- Adressent leurs vifs remerciements au Gouvernement et au peuple
Rwandaï pour l'accueil particulièrement chaleureux et fraternel
dont ils ont été l'objet.
- Remercient les Organisations Internationales en particulier
VITA, l'USAID et l'ETMA qui ont prêté leur concours à la réalisation
matérielle de ce séminaire et financement de leur voyage.
- Remercient en particulier Son Excellence le Président de la
République Rwandaïse, le Militant Général Major Juvenal HABYALIMANA
pour l'insigne honneur qu'il leur a fait de visiter leurs travaux,
ce qui témoigne de son intérêt certain.
- Félicitent les Organisateur de ce séminaire qui n'ont ménagé
aucun effort pour la réussite de celui-ci, ce qui a donné lieu à
des exposés de différents horizons, à des discussions en séances
plénières ou lors des travaux en groupe au cours desquels les
frères Africains ont fait part aux participants, de leur expérience.

Les importantes questions qui ont été débattues au cours
de ce Séminaire et qui ont trait à :

- a) l'examen de la situation énergétique au Rwanda
- b) la recherche de la définition d'une politique énergétique
rationnelle tenant compte des ressources du Rwanda
- c) l'apport des énergies renouvelables à la gestion de l'énergie
et de l'environnement en Afrique en général et au Rwanda en
particulier

Ont vu, des réponses se dégager ou la formulation de recommandations
en vu d'en trouver des solutions.

...

VIVE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
EN AFRIQUE.

Kigali le 15 Janvier 1983

ALBERT WRIGHT Délégué du NIGER.

Discours prononcé par Monsieur le Secrétaire Général au Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage représentant Monsieur le Ministre de l'Agriculture et de l'Elevage à l'occasion de la clôture du premier Séminaire sur les "Apports des Energies Renouvelables à la Gestion de l'Energie et de l'Environnement au Rwanda."

- Excellence Monsieur le Secrétaire Général du M. R. N. D.
- Militants Membres du Comité Central du M. R. N. D.
- Messieurs les Ministres
- Sympathisantes, Sympathisants du M. R. N. D.
- Militantes et Militants du M. R. N. D.

C'est un honneur et un grand plaisir pour pouvoir m'exprimer devant vous, spécialistes de l'environnement et des énergies nouvelles et renouvelables, à l'occasion de ce Séminaire auquel les hautes autorités de la République ont prêté soutien et assistance.

C'est d'autant plus important pour moi que le Ministre de l'Agriculture et de l'Elevage lui-même empêché m'a prié de le présenter à cette assemblée.

Comme il a été dit dans plusieurs conférences antérieures et exposés de ce Séminaire, le Rwanda est un pays à topographie particulièrement escarpée et à régime pluviométrique excessivement torrentiel, donc un pays à écosystème extrêmement fragile. Cette fragilité met en cause les équilibres climatiques de notre pays à savoir :

- équilibres écologiques
- équilibres hydrologiques

Nous assistons ces derniers temps aux changements saisonniers; les saisons pluvieuses sont déjà déplacées, la saison sèche s'élastifie affectant ainsi le couvert végétal et la vie animale de notre pays. Cette situation, qui ajoutée à celle anthropique créée au fur des siècles par l'homme dans son contact journalier avec la nature qu'il a modelé à sa guise incite à plus de vigilance dans la gestion de l'environnement et dans son exploitation à des fins énergétiques. C'est ainsi que tout effort de sa restauration devrait miser sur :

- la protection du couvert végétal existant
- l'augmentation de la superficie du couvert végétal par des actions de reboisement
- la gestion saine de l'environnement en général
- la promotion des énergies nouvelles et renouvelables ainsi que la rationalisation et la conservation des énergies classiques.

Distingués invités

Militantes et Militants du M.R.N.D.

Permettez-moi à cette occasion de rendre un vibrant hommage à son Excellence Monsieur le Président de la République, le Général Major Juvénal HABYALIMANA qui, une fois de plus vient d'accorder une importance particulière aux problèmes agricoles environnementaux et énergétiques en nommant l'année 1983 année de l'arbre. Conformément aux recommandations de ce Séminaire nous prévoyons déjà depuis quelques années mais particulièrement au cours de cette année de l'arbre, la restauration du couvert végétal par le reboisement de toutes les superficies dénudées du pays, le reboisement le long de pistes et routes, celui des galeries dégradées, et des grands ravins, la plantation des arbres fruitiers dans tout le pays, leur introduction dans les zones qui en sont dépourvues spécialement dans les zones de hautes altitudes, l'introduction des arbres fourragers spécialement dans les zones sèches et l'incorporation de l'arbre à l'environnement agricole.

Ce programme prévoit également la conversion de certaines parties des forêts naturelles dégradées de Gishwati et de Mukura, l'aménagement des forêts naturelles par la création d'une ceinture protectrice constituée par les essences exotiques d'abord et un plan d'aménagement spécifique à chaque massif sera élaboré et exécuté ensuite.

Pour mieux réussir dans les actions précitées de création et de protection du couvert végétal, le Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage doit s'appuyer sur une politique forestière agricole bien définie. C'est pourquoi, nous sommes entraînés à préparer des législations diverses sur la politique de promotion de protection et d'utilisation du patrimoine forestier national.

En matière de pêche et pisciculture, le Ministère veillera à ces 2 activités de façon à ce qu'elles se déroulent dans les conditions acceptables par le concept environnemental. Dans le même ordre d'idée une législation sur la pêche et pisciculture doit avoir le jour dans les jours à venir.

Bref, une mise en pratique du plan de travail précité contribuera à moyen terme et à long terme à sauvegarder notre environnement et à l'augmentation de la production ligneuse pour pourvoir aux besoins énergétiques et de service.

En effet nous comptons augmenter cette année-ci les superficies boisées de plus de 20.000 ha. Certes ce chiffre est ambitieux mais en comptant sur la contribution du Gouvernement, des projets forestiers, de développement rural intégré et de la population, nous croyons que nous y parviendrons.

Je ne voudrais pas abuser de votre temps précieux, surtout qu'après une si longue réflexion vous avez besoin de vous reposer et de réintégrer vos foyers respectifs. Forts de l'enseignement et de l'expérience de ce brillant Séminaire, nous pouvons nous assurer qu'en ce qui concerne le Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage les recommandations que vous avez formulées seront nos constantes préoccupations. Nous profitons de cette occasion pour remercier tous les organisateurs de ce Séminaire pour la qualité du travail accompli.

Je vous remercie.

Discours prononcé par le Délégué de l'U.S.A.I.D.
à l'occasion de la clôture du 1er Séminaire sur
les "Apports des Energies Renouvelables à la Gestion
de l'Énergie et de l'Environnement au Rwanda".

Kigali, le 15 Janvier 1983.

Excellences, Mesdames et Messieurs,

Ça été un grand plaisir pour l'U.S.A.I.D. de participer à ce Séminaire sur l'Énergie et l'Environnement, sujet vital qui mérite bien le temps que lui ont consacré les participants.

Nous avons suivi plusieurs excellents exposés sur une variété de sujets concernant l'énergie et l'environnement au Rwanda. Nous avons profité des conseils donnés par les éminents experts venus d'un peu partout en Afrique, en Europe et en Amérique du Nord. C'était là un élément important du Séminaire; réunir des experts de pays, de disciplines et de Ministères différents, pour échanger des vues sur des questions qui recèlent de nombreuses implications et dont la solution ne peut venir d'une seule discipline. Les exposés ont été très instructifs et l'analyse qui les a accompagné montre la voie à la découverte des moyens de résoudre les problèmes avant qu'ils ne deviennent insurmontables.

La question-clé posée par ce Séminaire est celle de savoir comment le Rwanda conserve ses ressources et son environnement tout en recherchant le développement de sa population. Il n'existe pas de réponse facile à cette question et à toutes les autres. J'ai néanmoins la conviction qu'en travaillant avec vigueur, le Rwanda peut trouver des solutions à ses problèmes.

Le Rwanda est un petit pays mais qui connaît de grands problèmes. Il a aussi un grand rôle à jouer dans la recherche des solutions. Je pense qu'il peut se placer à la ligne de front pour montrer à l'Afrique le moyen de résoudre les problèmes de l'environnement et de l'énergie.

Nous espérons à l'U.S.A.I.D. que ce Séminaire a aidé dans la recherche des éléments de réponse, que cette recherche se poursuivra et que des solutions seront identifiées et mises en pratique. Nous espérons par ailleurs continuer à travailler avec vous pour rechercher et mettre en oeuvre des solutions pratiques et durables.

Je vous remercie.

43/8

Discours prononcé par Monsieur le Ministre
des Ressources Naturelles à l'occasion de la clôture
du premier Séminaire sur les "Apports des Energies
Renouvelables à la Gestion de l'Energie et de
l'Environnement au Rwanda".

Kigali, le 15 Janvier 1983

Excellence Monsieur le Secrétaire Général du M.R.N.D.

Excellence Monsieur le Membre du Comité Central
du M.R.N.D.

Excellences Messieurs les Ministres

Monsieur l'Ambassadeur

Monsieur le Vice-Recteur de l'Université Nationale
du Rwanda

Monsieur le Représentant de l'U.S.A.I.D.

Mesdames et Messieurs

Militantes et Militants du M.R.N.D.

Nous voici à la fin de ce Séminaire sur les "Apports
des Energies Renouvelables à la Gestion de l'Energie et de l'Environnement
au Rwanda" qui est le premier du genre à se tenir dans notre pays.

Le Rwanda peut être fier d'avoir organisé ce Séminaire
au moment où les problèmes énergétiques et environnementaux préoccupent
au plus haut degré la communauté internationale de façon générale et
le Rwanda d'une manière particulière.

Tous le monde ici présent sait que l'énergie est
à la base de toute action de l'homme.
Bref l'énergie est à la base de développement. Et pour illustrer ceci
je ne ferai que citer Son Excellence Monsieur le Président de la République
qui a dit dans son discours du 1er Juillet 1982, " le développement socio-
économique est intimement lié aux problèmes de l'énergie, éléments
moteurs du développement".

A l'ouverture des travaux de ce Séminaire, j'ai eu
l'occasion de vous présenter les grandes lignes de la politique
qu'entend mener le Gouvernement dans le domaine énergétique.
Ceux qui ont pu suivre les nouvelles à la radio nationale ont entendu
les instructions bien précises du Président de la République à l'intention
du Ministère des Ressources Naturelles:

- Mettre sur pied une politique énergétique qui devra réserver
une place importante à l'utilisation des Energies Nouvelles et
Renouvelables
- Etablir un plan de recherche et d'expérimentation des Energies

Nouvelles et Renouvelables.

Quant au Ministère du Plan, le Président a demandé de chercher des projets pour revaloriser les déchets agricoles ou des industries du bois. Tout cela démontre à suffisance que le Gouvernement de la 11^{ème} République attache une grande importance au développement des Energies Nouvelles et Renouvelables.

Je suis heureux de constater que les recommandations que je viens d'entendre cadrent très bien avec la politique gouvernementale et le Gouvernement ne ménagera aucun effort pour les traduire dans les faits.

Concernant l'environnement, le Gouvernement rwandais est convaincu que la gestion saine du patrimoine environnementale est un préalable pour un développement durable. Nous sommes conscients du danger qui pèse sur notre environnement dans la recherche des terres cultivables, des sources d'énergies etc...

Le Gouvernement se préoccupe de ce problème au plus haut point; les faits et les gestes sont là pour le montrer :

- Cette année 1983, le Chef de l'Etat vient de la déclarer "Année de l'Arbre". Sur ce point nous avons apprécié le fait que la plupart d'entre vous sont allés planter un arbre cet avant-midi
- L'année 1982 fut consacrée à la protection et la conservation du sol.

L'utilisation des énergies dites alternatives constitue justement une alternative pour la protection de l'environnement.

Tout cela démontre à suffisance l'importance que le Gouvernement Rwandais attache au maintien en bon état de notre environnement.

Ici je voudrais cependant souligner le dilemme que vivent les pays comme le Rwanda soumis à plusieurs pressions dans la recherche de leur développement, d'allier les préoccupations pour le maintien de l'environnement avec les préoccupations de survie de la population. Aussi un appel est-il lancé à la Communauté Internationale d'aider ces pays dont le Rwanda fait malheureusement partie, de sortir de ce dilemme maintenant de l'environnement et de la survie.

Dans ce domaine aussi, le Gouvernement ne ménagera aucun effort pour harmoniser, dans la mesure de ses moyens, le développement.

Voilà ce que j'avais à dire à l'occasion de la clôture de ce Séminaire, je ne voudrais pas terminer sans remercier les Organismes qui nous ont aidé à organiser ce Séminaire tels : le M.R.N.D., l'U.S.A.I.D l'E.T.M.A., le VITA, l'U.N.R., sans oublier tous les participants et spécialement ceux qui sont venus de très loin comme du Sénégal, du Niger, de la Tanzanie, du Mali et du Burundi.

Mes remerciements vont également aux techniciens, Secrétaires-dactylographes qui ont facilité le déroulement des travaux.

VIVE LA COOPERATION INTERNATIONALE
VIVE LE DEVELOPPEMENT DES SCIENCES ET DE TECHNIQUE
QUE PROSPERENT LES ENERGIES NOUVELLES ET RENOUELABLES
AU RWANDA.

Je vous remercie.

Discours du Ministre des Affaires Sociales et du Développement Communautaire, le Militant GATABAZI Félicien, à l'occasion de la clôture du Séminaire sur les "Apports des Energies Renouvelables à la Gestion de l'Énergie et de l'Environnement au Rwanda.

Kigali, le 15 Janvier 1983.

Distingué (s) Membre (s) du Comité Central du M.R.N.D.
Messieurs les Ministres,
Messieurs les Représentants du Corps Diplomatique et Consulaire,
Distingués Invités et Participants,
Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs
Militantes et Militants du M.R.N.D.

A cet instant solennel de clôture du Séminaire sur les "Apports des Energies Renouvelables à la Gestion de l'Énergie et de l'Environnement au Rwanda, il m'est agréable de prendre la parole pour rendre hommage à tous ceux qui ont contribué à l'organisation matérielle et technique et adresser mes vifs remerciements à tous les participants qui viennent de passer une semaine de travail ardu pour réfléchir sur d'importantes questions qui se posent actuellement non seulement au Rwanda mais au monde entier : à savoir l'énergie et l'environnement.

Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs,
Militantes et Militants du M.R.N.D.,

Depuis la préhistoire la plus reculée, l'énergie a toujours été un facteur primordial dans la vie des individus et des nations. C'est elle en effet, comme nous l'apprennent les découvertes scientifiques, qui permet aux éléments de la nature de croître, de se transformer qualitativement et quantitativement, donnant ainsi naissance à l'eau, aux multiples gaz, à la végétation, aux êtres vivants et à l'innombrable gamme de cristaux grands et petits qui composent le sol. Conformément au principe de la conservation perpétuelle de l'énergie, ces éléments peuvent à leur tour restituer le potentiel énergétique qu'ils ont accumulés. On retrouve donc l'énergie à l'origine, au cours de l'existence et à la fin de chaque élément, vivant ou inerte.

L'énergie est également au centre des activités productrices de l'humanité. C'est grâce en effet, à la maîtrise des lois de la nature dont faut-il se rappeler, l'énergie est le facteur central, que l'homme a pu entreprendre l'ensemble des activités qui produisent, à partir des matières premières, les biens de consommation et d'équipement de toute sorte. Il est évident que sans l'énergie, l'industrie et la

technologie, des plus élémentaires jusqu'aux plus sophistiquées seraient irréalisables.

Le monde contemporain a tellement pris conscience de cette vérité qu'elle détermine pour une large part, la politique internationale des Etats. Ceux qui possèdent les matières productrices d'énergie ont tendance à les garder jalousement et s'en servir comme moyen de pression et de domination. Ceux qui en sont dépourvus mais qui possèdent la puissance militaire sont décidés à s'en procurer par tous les moyens, au besoin de même par la force. Ainsi l'énergie, une des richesses les plus précieuses de l'humanité, est devenu une pomme de discorde et une source de confrontation.

Dans cette fièvre de recherche à tout prix de sources d'énergie, le Rwanda se devait de ne pas rester à la traîne. Non pas certes, qu'il faille se lancer dans cette bataille irréfléchie dont l'objectif est de priver autrui pour son propre profit. Mais nous pensons qu'il n'est pas nécessaire d'aller chercher ailleurs ce qu'on peut trouver chez soi. Certes, nous n'avons pas le pétrole. Mais contrairement à ce que les personnes les moins formées et les moins informées s'imaginent, l'énergie ne se réduit pas au pétrole. Sa source première, c'est le soleil, un bien qui nous manque le moins. Ensuite, tous les éléments de la nature qui nous entourent, l'air, l'eau, la végétation, les gaz, sont des accumulateurs d'énergie qui peuvent la restituer à la demande. Il suffit tout simplement de réfléchir et d'imaginer les procédés à utiliser pour que cette restitution soit effective.

Mesdames, Messieurs

Militantes et Militants du M.R.N.D.,

Durant cette semaine, vous avez grâce à un travail assidu et approfondi, apporté une contribution précieuse à cette réflexion qui certes ne s'arrête pas ici, tant il est vrai que la recherche, particulièrement en cette matière, doit être continue. Mais l'étape que vos travaux viennent de faire franchir à la recherche rwandaise en matière d'énergies nouvelles et renouvelables permettra sans nul doute aux pouvoirs publics d'asseoir une meilleure politique en la matière, aux chercheurs d'aboutir à des résultats plus concrets et plus utilisables et au public rwandais d'être davantage informé des potentialités énergétiques du pays et d'adopter à leur égard un comportement plus rationnel.

Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs,
Militantes et Militants du M.R.N.D.,

Vous avez également abordé longuement, au cours de vos travaux, les problèmes de gestion de l'environnement. C'est la première fois à ma connaissance que dans notre pays ce thème fait l'objet d'un échange de vue entre les spécialistes que vous êtes. On peut s'étonner du retard qu'a pris cette démarche, alors que la gestion de l'environnement est un sujet d'actualité depuis deux décennies. Cela tient probablement à l'idée inexacte que se font beaucoup de nos compatriotes des problèmes d'environnement.

Ils s'imaginent en effet que ces préoccupations sont l'apurement des pays industrialisés équipés d'industries polluantes. Ainsi selon eux, notre pays qui se trouve parmi les moins industrialisés, ne serait pas concerné.

Cette conception est erronée, puisque de part sa définition même l'environnement est composé de l'ensemble des éléments naturels ou artificiels dans lesquels se déroule notre vie de tous les jours. La caractéristique essentielle de l'environnement est qu'il ne s'agit pas d'une juxtaposition d'éléments disparates sans corrélation. Au contraire, chaque composante de l'environnement a un rôle à jouer et leur interaction tend vers un point d'équilibre.

Pour peu que cet équilibre soit rompu, par l'action inconsidérée de l'homme, les éléments constitutifs de l'environnement se dégradent et se détruisent mutuellement.

Certains d'entre eux sont si essentiels à la vie, tel que l'air, l'eau et le sol, que leur détérioration peut entraîner la disparition des espèces vivantes dont nous faisons partie.

Il est donc indispensable d'étudier et d'établir les règles de fonctionnement et d'utilisation de chaque élément de façon à maintenir constamment l'équilibre global. La mise en application de ces règles, c'est ce que nous appelons la gestion de l'environnement.

Comme on le voit, le problème est fort complexe et sa maîtrise exige le concours de plusieurs disciplines. Votre auguste assemblée composée de spécialistes de divers horizons, était sans conteste le cadre idéal d'une telle concertation et les diverses résolutions auxquelles vous avez abouti confirment la qualité et la hauteur de pensée qui ont caractérisé vos travaux. Sans prétendre que vous ayez épuisé le sujet, je ne doute pas que les résolutions qui viennent d'être lues inspireront les services concernés dans la mise en place d'une législation de l'environnement.

Mais le Gouvernement n'a pas attendu ces dispositions spéciales relatives à l'environnement pour agir. Depuis l'avènement de la 2ème République, les mots d'ordre annuels destinés à traduire dans les faits la politique du M.R.N.D. soulignent le souci constant du Chef et de son Gouvernement de protéger et d'utiliser à bon escient notre patrimoine naturel.

Pensons à l'année de l'hydraulique rurale, à celle de la protection et de la conservation du sol, à celle de la lutte anti-érosive, et enfin à cette 1983, consacrée à la régénération du tissu forestier, dont le rôle dans l'équilibre naturel est bien connu. Rappelons enfin que le Conseil National de Développement vient d'adopter une loi sur la conservation et la protection du sol qui devrait être complétée dans un proche avenir par des dispositions visant la protection de la nature en général.

Excellence,

Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs,

Militantes et Militants du M.R.N.D.,

Nous nous réjouissons et nous sommes fiers que ce colloque ait pu être organisé à l'initiative des services techniques rwandais et de l'U.N.R., et que, tout en reconnaissant et en appréciant comme il se doit l'apport des confrères étrangers, la participation des personnalités rwandaises ait été prépondérante.

C'est là un signe de maturité technique et scientifique que je ne peux pas manquer de saluer, et de souhaiter qu'elle s'enrichisse continuellement. L'action de l'U.N.R. dans l'organisation et la participation technique est à relever particulièrement.

Et il fallait qu'il en soit ainsi, car ce n'est pas pour rien que notre Université s'est engagée à être l'"illuminatio et salus populi".

Nous lui souhaitons d'aller de l'avant dans les recherches qu'elles a déjà entreprises et dont nous avons pu admirer certains résultats exposés parallèlement aux travaux du Colloque.

Puisse-t-elle porter toujours le flambeau de la science et du savoir en général, et servir de mieux en mieux de support technique aux pouvoirs publics.

Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs,

Militantes et Militants du M.R.N.D.,

Comme il a été dit, la recherche surtout en matière d'énergie et d'environnement n'est jamais terminée. Même si nous nous félicitons des progrès réalisés, il reste encore beaucoup de voies à explorer, beaucoup de concepts à appréhender, à analyser et à maîtriser. Il est donc souhaitable que ce Colloque soit suivi d'autres plus enrichissants, qui

contribueront à atteindre des réalisations scientifiques et techniques concrètes.

VIVE LE M.R.N.D. ET SON PRESIDENT

VIVE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE AU RWANDA ET EN AFRIQUE

Discours du Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique à l'occasion de la clôture du Séminaire sur les Apports des Energies Renouvelables à la Gestion de l'Energie et de l'Environnement au Rwanda.

Kigali, le 15 Janvier 1983.

Excellence Monsieur le Secrétaire Général du M.R.N.D.,
Distingués Membres du Comité Central du M.R.N.D.,
Excellences Messieurs les Ministres,
Excellences Messieurs les Ambassadeurs,
Honorables Invités,
Distingués Délégués,
Militantes et Militants du M.R.N.D.,

Aujourd'hui s'achève le Séminaire sur les Apports des Energies Renouvelables à la Gestion de l'Energie et de l'Environnement au Rwanda, qui a regroupé dans les locaux de la Présidence du M.R.N.D., les Chercheurs et Délégués du Burundi, du Mali, du Niger, du Sénégal, de la Tanzanie, des U.S.A., du Programme de la Formation et de la Gestion en Matière d'Environnement en Afrique (ETMA), des Volontaires de l'Assistance Technique (VITA), de l'Association pour le Développement International (USAID), de l'E.G.L. et bien sûr de notre pays.

Aussi je voudrais, avant tout, m'acquitter d'un très agréable devoir, celui de rendre hommage à Son Excellence Monsieur le Président de la République Rwandaise et Président Fondateur du Mouvement Révolutionnaire National pour le Développement, Son Excellence le Général-Major HABYALIMANA; qui ne cesse d'oeuvrer pour le Développement intégral et endogène du Peuple Rwandais.

Il l'a encore une fois de plus montré en accordant sa particulière attention aux travaux de ce Séminaire. En effet, la Présidence du MRND dont la présence de son Secrétaire Général parmi nous nous honore beaucoup, nous a fourni une aide matérielle combien indispensable à la réussite de ce Séminaire tandis que Son Excellence Monsieur le Président de la République a tenu à être personnellement présent à nos assises en visitant ce matin même l'exposition des matériels mis au point par le CEAER pour l'utilisation des énergies renouvelables.

Cet apport combien appréciable s'inscrit dans le cadre des objectifs de notre Mouvement que son Président Fondateur ne cesse de promouvoir inlassablement et qui consistent à (je cite): "Créer des conditions appropriées pour favoriser et encourager le perfectionnement des connaissances et la recherche scientifique dans tous les domaines" (fin de citation).

Excellences,
Mesdames et Messieurs,

Je vous invite à associer à ma personne pour remercier à Son Excellence Monsieur le Président de la République nos remerciements les plus sincères pour le soutien moral et matériel qu'il nous a apporté.

Qu'il trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.

La participation active à l'organisation et aux travaux de cette réunion des départements ministériels de l'Agriculture et de l'Élevage, des Ressources Naturelles, des Affaires Sociales et du Développement Communautaire ainsi que de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique sont, Excellences, Mesdames, Messieurs, une preuve éloquente de l'attention et de l'importance que les pouvoirs publics accordent aux problèmes inscrits à l'ordre du jour de la réunion et, constitue un bon exemple d'une fructueuse collaboration interservice. J'adresse mes vives félicitations à toutes les personnes qui se sont engagées dans cette action.

À vous les Représentants des Organismes et des pays que j'ai ci-haut cités, le Rwanda vous exprime sa grande reconnaissance pour votre aide et votre collaboration à la réussite de ce Séminaire.

Excellences
Mesdames
Messieurs

Les participants à cette rencontre ont essayé d'aller au coeur des problèmes énergétiques en rapport avec l'environnement que connaît notre pays pour son développement.

Le déroulement des travaux a été caractérisé par une grande assiduité et un esprit de compréhension mutuelle. Les séances de travail ont été richement animées par des exposés à caractère politique et/ou technique et des débats très autorisés dans le domaine à l'étude et, il me revient de souligner la pertinence des réflexions des Séminaristes et de louer les efforts que chacun a déployés afin d'aboutir à des résolutions intéressantes.

vous en conviendrez avec moi, Mesdames, Messieurs, que le chemin qu'ils viennent de faire est long, rocaillieux et donc difficile à parcourir, mais qu'il est indispensable de l'effectuer car, c'est par la découverte de la nature exacte et intime des problèmes que des solutions à y apporter peuvent apparaître clairement.

Mesdames,

Messieurs,

Vous venez de dégager une série de recommandations en guise de conclusion à vos travaux.

Il me plaît de remarquer que celles-ci convergent vers des points focaux qui s'inscrivent harmonieusement dans le cadre des orientations de nos politiques nationales en matière d'énergie et d'environnement.

Vous venez d'écouter les propos que mes collègues viennent de tenir à ce sujet qui montrent, on ne peut plus clairement, toute l'attention qu'ils accordent aux questions mises en lumière au cours de ce Séminaire. Je voudrais pour ma part reprendre deux points, pour les singulariser, qui me paraissent fondamentaux. Il s'agit :

- premièrement d'une exploitation et d'une utilisation rationnelles de toutes nos sources d'énergies.

Concernant les sources d'énergies renouvelables, un travail important est à accomplir au niveau de la recherche-développement et au niveau du développement et du transfert des technologies appropriées y relatives. Ce dernier niveau comporte l'établissement d'unités pilotes de production dont les principales fonctions devraient être :

- 1) la démonstration de la rentabilité sur le plan économique des résultats de recherche par la production et ou la transformation dans les conditions de production commerciale,
- 2) la démonstration de la viabilité opérationnelle d'une nouvelle technologie et,
- 3) l'offre de services de consultation à la communauté.

- Deuxièmement, il est indispensable et urgent de mener une action vigoureuse de sensibilisation de notre population à nos problèmes énergétiques et de vulgarisation des résultats de recherche dans ce domaine car, c'est à cette même population que revient la décision finale quant au succès ou à l'échec de nos efforts.

Le Président de la République l'a clairement indiqué lorsque, parlant de la recherche, il dit et je cite :

" Nous voulons que cette recherche sorte des stations et des laboratoires, et qu'elle déborde dans les champs chez les paysans, pour améliorer réellement leurs pratiques. Nous voulons que cette recherche ne soit plus uniquement à des idées soi-disant novatrices mais dont on ignore complètement les conséquences.

La recherche et la vulgarisation doivent être intimement liées pour plus d'efficacité et de rentabilité" (fin de citation).

Excellences

Mesdames

Messieurs

La mise en oeuvre des recommandations qui viennent de nous être lues exige, non seulement la conjugaison de nos efforts et l'optimisation de nos actions; mais également la mise en jeu de moyens matériels et financiers importants.

L'exposition des matériels mis au point pour l'utilisation des énergies renouvelables par le Centre d'Etudes et d'Applications de l'Energie au Rwanda (C.E.A.E.R.) vous a montré certains des résultats déjà obtenus, et vous avez pu voir sur le terrain d'autres réalisations dont les cuisinières améliorées, les digesteurs à biogaz etc...

On vous a également fait part des installations déjà faites çà et là dans le pays et, par le CEAER et par d'autres Organisations impliquées dans ces projets.

Vous avez entendu les dispositions déjà prises par les départements rwandais en matière d'énergie et d'environnement.

Je voudrais souligner ici le rôle important joué par les pays et organismes amis et en particulier l'Agence des Etats Unis pour le Développement International (U.S.A.I.D.), dans la réalisation de ces projets et, saisir l'occasion pour les inviter à persévérer dans leurs actions de coopération bienveillante pour nous épauler dans la recherche et la matérialisation des conditions de vie que nous souhaitons à notre population.

Encore une fois, je vous remercie de votre participation active à ce Séminaire et puisque celui-ci se tient au seuil de 1983, je profite de l'occasion pour formuler les voeux de Nouvel An à chaque participant. Une année de labeur, une année de découvertes intéressantes susceptibles d'alléger les peines de nos concitoyens en matière d'énergie.

Je déclare clos les travaux du Séminaire sur les "Apports des Energies Renouvelables à la Gestion de l'Energie et de l'Environnement au Rwanda" et souhaite aux Séminaristes des pays amis qui sont venus se joindre à nous un bon retour dans leurs pays respectifs.

Je vous remercie.