

Michel Maldague

Président-fondateur de l'Académie Nationale des sciences du développement
Professeur émérite de l'Université Laval à la Faculté de Foresterie

(2001)

“Politique énergétique intégrée en République Démocratique du Congo. Leçon publique donnée le 6 octobre 2001 à l'occasion de l'inauguration solennelle de l'Académie”

Un document produit en version numérique par Jean-Marie Tremblay, bénévole,
professeur de sociologie au Cégep de Chicoutimi

Courriel: jean-marie_tremblay@uqac.ca

Site web pédagogique : <http://www.uqac.ca/jmt-sociologue/>

Dans le cadre de la collection: "Les classiques des sciences sociales"

Site web: http://www.uqac.ca/Classiques_des_sciences_sociales/

Une collection développée en collaboration avec la Bibliothèque
Paul-Émile-Boulet de l'Université du Québec à Chicoutimi

Site web: <http://bibliotheque.uqac.ca/>

Cette édition électronique a été réalisée par Jean-Marie Tremblay, bénévole, professeur de sociologie au Cégep de Chicoutimi à partir de :

M. Michel Maldague

“Politique énergétique intégrée en République Démocratique du Congo. Leçon publique donnée le 6 octobre 2001 à l'occasion de l'inauguration solennelle de l'Académie”.

Un article publié dans le **Bulletin de l'ANSD**, volume 2, décembre 2001, pp. 27-67. Kinshasa : Académie nationale des sciences du développement.

M. Michel Maldague est président-fondateur de l'Académie Nationale des sciences du développement et professeur émérite de l'Université Laval.

[M. Michel Maldague, professeur émérite de l'Université Laval et président-fondateur de l'ANSD, nous a obtenu le 10 janvier 2005 l'autorisation de diffuser cet article]



Courriel : michel_maldague@uqac.ca

Polices de caractères utilisée :

Pour le texte: Times New Roman, 14 points.

Pour les citations : Times 12 points.

Pour les notes de bas de page : Times, 10 points.

Édition électronique réalisée avec le traitement de textes Microsoft Word 2004 pour Macintosh.

Mise en page sur papier format
LETTRE (US letter), 8.5'' x 11''

Édition complétée le 25 juillet 2005 à Chicoutimi, Ville de Saguenay, province de Québec.



Sommaire

Introduction : [Énergie humaine. Motricité musculaire](#)

Partie I:

Utilisation d'énergie, qualité de la vie et développement

1. [Utilisation d'énergie et qualité de la vie](#)
2. [L'énergie moyen de développement](#)

Partie II:

Consommation énergétique

1. [Inégalités de la consommation énergétique mondiale](#)
 - 1.1 [Déséquilibre quantitatif](#)
 - 1.2 [Déséquilibre qualitatif](#)
 - 1.3 [Déséquilibre technologique](#)
 - 1.3.1 Disparité milieu urbain - milieu rural
 - 1.3.2 Éclairage en milieu rural
2. [Aspects de la situation énergétique en Afrique](#)
 - 2.1 [Utilisation traditionnelle de la biomasse](#)
 - 2.2 [Sécurité énergétique en Afrique](#)
3. [Situation énergétique de la RDC](#)
 - 3.1 [Combustibles traditionnels](#)
 - 3.2 [Électricité](#)
 - 3.2.1 Électrification et consommation d'électricité
 - 3.2.2 Consommation d'électricité en RDC
 - Rapport du PNUD, 1997
 - Rapport du PNUD, 2004

Partie III:
Pistes de solutions

1. [Nécessité d'améliorer la situation énergétique des pays en développement](#)
2. [Nouvelles approches énergétiques](#)
3. [Énergies renouvelables et développement](#)
 - 3.1 [Flux naturels d'énergie](#)
 - 3.1.1 Diversité
 - 3.1.2 Problèmes de stockage
 - 3.1.3 Impacts limités
 - 3.1.4 Utilisation décentralisée
 - 3.1.5 Technologies d'exploitation des énergies renouvelables
 - 3.1.6 Place des énergies renouvelables
 - 3.1.7 Cas de l'Afrique
4. [Évolution des choix énergétiques. Innovations énergétiques](#)
 - 4.1 [Évolution prévisible](#)
 - 4.2 [Énergie solaire : systèmes photovoltaïques](#)
 - 4.3 [Énergie éolienne](#)
 - 4.4 [Hydro-électricité villageoise](#)
 - 4.5 [Valoriation énergétique du bois](#)
 - 4.6 [Valoriation des résidus](#)
 - 4.7 [Bioénergies](#)
 - 4.8 [Biocarburants](#)
 - 4.8.1 Dendro-énergie. Valeur calorifique
 - 4.8.2 Biocarburants et crise de l'énergie
 - 4.8.2.1 Bois
 - 4.8.2.2 Charbon de bois
 - 4.9 [Reboisement à des fins énergétiques](#). Réserves forestières énergétiques
5. [Recherche de l'efficacité et de la sobriété énergétiques](#)

Partie IV:

Politique et planification intégrées de l'électrification rurale en roc

1. [Approche systémique](#)
2. [Nécessité d'une approche interdisciplinaire](#)
3. [Vers une politique forestière, agricole et énergétique intégrée](#)

Quelques réflexions

- 3.1 [Niveau institutionnel](#). Politique d'aménagement intégré du territoire
- 3.2 [Principes directeurs](#)
- 3.3 [Programme intégré d'énergie rurale](#) (PIER)
 - 3.3.1 Objectifs du PIER
 - 3.3.2 Politique énergétique, forestière et agricole. Approche systémique
 - 3.3.3 Stratégie pour l'introduction de mesures incitatives

Conclusion

Annexes

- Annexe I : [Unités et transformations](#)
Annexe II : [Consommation de bois et dépenses énergétiques correspondantes](#)

M. Michel Maldague

**“Politique énergétique intégrée en République
Démocratique du Congo.**

**Leçon publique donnée le 6 octobre 2001
à l'occasion de l'inauguration solennelle de l'Académie”.**



Un article publié dans le Bulletin de l'ANSD,
volume 2, décembre 2001, pp. 27-67.
Kinshasa : Académie nationale des sciences du développement.

Introduction

[Retour à la table des matières](#)

1. Sur le plan mondial, les problèmes d'environnement, associés à la production, au transport, à la transformation et à l'utilisation des sources d'énergie s'aggravent, comme en témoignent l'amplification de l'effet de serre et la déforestation, imputable, entre autres, aux prélèvements non planifiés (abusifs) de bois de feu.

Nous nous pencherons dans cet exposé sur la situation énergétique de la RDC, NOUS tenterons de dégager quelques pistes de solutions et proposerons une stratégie intégrée dans le domaine de l'énergie.

Énergie humaine *Motricité musculaire*

2. Malgré les nombreuses formes d'énergie qui ont été progressivement exploitées par l'homme - le bois, la houille et le charbon, l'électricité, le pétrole, l'énergie nucléaire, les énergies nouvelles -, l'énergie humaine demeure importante dans de nombreux pays en développement. Et l'on peut s'attendre à ce que cette forme d'énergie. sera encore la réponse aux besoins d'énergie mécanique pendant plusieurs décennies.

3. De très nombreuses activités, principalement en milieu rural, sont tributaires de l'énergie des hommes – biomoteurs ¹ humains aidés d'animaux (cheval, bœuf, âne, dromadaire). Citons :

¹ Lanciné Sylla. La motricité musculaire, une énergie vivante pour le développement. *Liaison Énergie-Francophonie*, no 27, 1995, pp. 21-23.

- le puisage (exhaure) et le transport de l'eau ;
- le prélèvement et le transport du bois de feu ;
- les travaux agricoles : labour, hersage, sarclage, récolte, collecte des produits ;
- la manutention des intrants et des produits, etc. ;
- le pilage ;
- l'élevage ;
- le traitement et le suivi des végétaux et des animaux ;
- la pêche ;
- les transports : portage direct (portage humain ou à dos de bête) ; déplacement en charriot, en cycle, ou en pirogue (perche, pagaie, etc.) ;
- la petite industrie, l'artisanat ;
- la petite industrie, l'artisanat ;
- les constructions de l'habitat : terrassement, maçonnerie, charpentages, etc. ;
- le fonçage de puits ; l'orfèvrerie, la menuiserie, la cordonnerie, la poterie ;
- le tissage, la teinture, la vannerie ;
- le forage, les travaux miniers ; etc.

4. La question de l'énergie en milieu rural est d'abord celle du manque d'énergie pour les activités productives et les usages domestiques. Comme indiqué supra, l'une des principales sources d'énergie, dans les pays en développement, réside dans l'énergie musculaire de la population (la motricité musculaire).

5. Notre exposé comportera les quatre parties suivantes et des conclusions :

- Partie I. Utilisation d'énergie, qualité de la vie et développement.
- Partie II. Consommation énergétique.
- Partie III. Pistes de solutions.
- Partie IV. Politique et planification intégrée de l'électrification rurale en RDC.
- Conclusions

Partie I

Utilisation d'énergie, qualité de la vie et développement

[Retour à la table des matières](#)

6. Le développement économique et social d'un pays implique nécessairement un accroissement de sa consommation d'énergie.

I. 1. Utilisation d'énergie et qualité de la vie

[Retour à la table des matières](#)

7. Il existe une corrélation non équivoque entre l'utilisation de l'énergie et la qualité de la vie ainsi qu'avec la réduction de la natalité.

En effet, disposer d'énergie est indéniablement un facteur de progrès. Dès que l'on dispose d'énergie en plus grande abondance, apparaissent de nouvelles opportunités qui contribuent au développement. Il y a ainsi une relation positive entre la disponibilité d'énergie et le développement. Aussi l'augmentation de la consommation d'énergie des pays en développement est-il non seulement un objectif légitime, mais un impératif.

On admet communément, actuellement, que la consommation d'énergie par habitant est un indicateur de niveau de vie dans une société.

8. La majorité des foyers ruraux des pays en développement qui utilisent du bois de feu, des lampes à pétrole et les piles jetables verraient leurs conditions de vie largement améliorées si elles s'équipaient en « foyers améliorés » (consommation annuelle de bois, divisée par deux ou par trois) et en petits systèmes photovoltaïques (SPV), domestiques, pour l'éclairage, la radio, etc.

I. 2. L'énergie, moyen de développement

[Retour à la table des matières](#)

9. L'énergie n'est pas en soi un objectif de développement. Elle doit être regardée comme un moyen d'y parvenir. L'accroissement de la consommation énergétique est nécessaire à la fois :

- pour accroître les activités productives ; et
- pour répondre à un grand nombre de besoins domestiques, tant il est vrai que l'on a besoin d'énergie dans tous les domaines de la vie. À cet égard, l'énergie intervient pour beaucoup dans l'amélioration des conditions de vie.

10. Encore faut-il maîtriser l'utilisation de l'énergie afin de réduire ses effets négatifs (nuisances) sur l'environnement : destruction des forêts ; atteinte à la biodiversité ; impacts sur les climats ; atteinte à la santé (pollutions) ; accidents mortels.

Partie II

Consommation énergétique

II. 1. Inégalités dans la consommation énergétique mondiale

[Retour à la table des matières](#)

11. D'entrée de leu, il faut remarquer que la consommation énergétique dans le Monde est extrêmement inégalitaire : d'une part, entre pays en développement et pays industrialisés ; et, d'autre part, entre milieu urbain et milieu rural, dans les pays en développement.

12. On peut distinguer trois aspects dans ce déséquilibre

- 1° un déséquilibre quantitatif ;
- 2° un déséquilibre qualitatif ; et
- 3° un déséquilibre technologique.

II. 1.1 Déséquilibre quantitatif

[Retour à la table des matières](#)

13. Nous référant à l'étude du *Conseil mondial de l'énergie* (CME) (1999), on peut comparer la situation énergétique des pays industrialisés et celle des pays en développement :

Pays industrialisés	Pays en développement
Population : 1,34 milliard 81% d'énergie fossile utilisée	Population : 4,56 milliards 70% d'énergie fossile utilisée
Énergie consommée : - 6.701 millions tep ² - tep/capita : 5,0	Énergie consommée : - 3.861 millions tep - tep/capita : 0,85
Consommation de biomasse : 4%	Consommation de biomasse : 22%

Ces chiffres montrent que la consommation d'énergie *per capita* est six fois plus élevée dans les pays industrialisés que dans les pays en développement.

14. On peut résumer la situation de ces inégalités en mentionnant que :

- les 20% les plus riches utilisent 55% de l'énergie mondiale ;
- les 20% les plus pauvres en utilisent 5%.

15. Par ailleurs, la croissance de la population, qui est un paramètre particulièrement important en ce qui concerne la consommation d'énergie, se présente comme suit :

- 0,2%, en Europe ;
- 2,5% dans les pays en développement ;
- 1,7% aux USA et au Canada.

² Note : « tep », 1 tonne équivalent pétrole (toe, ton oil equivalent).

16. Trois milliards d'habitants en Afrique et en Asie disposent en moyenne de moins de 0,6 tep par an et par habitant, alors que près de 300 millions d'habitants, en Amérique du Nord, consomment chacun plus de 7 tep par an ³.

II. 1.2 Déséquilibre qualitatif

[Retour à la table des matières](#)

17. Ce déséquilibre Nord-Sud ne se manifeste pas seulement par la quantité d'énergie consommée, mais aussi par sa qualité. Alors que les pays du Nord consomment essentiellement des énergies commercialisées - p.ex., l'électricité, dont la part est importante -, ceux du Sud consomment très peu d'électricité, et les énergies non commerciales y sont le plus souvent prépondérantes : bois de feu, charbon de bois, énergies humaine et animale.

18. La préparation de la cuisine de deux milliards de personnes dans les PED représente 1,3% de la consommation globale d'énergie commerciale. Cette utilisation de la biomasse a aussi des effets sur la santé (pollution de l'air) ; elle contribue à 6% de l'effet de serre.

II. 1.3 Déséquilibre technologique

[Retour à la table des matières](#)

19. L'énergie est toujours utilisée selon une technologie énergétique donnée, c'est-à-dire suivant une association de méthodes, de techniques et de matériels en relation avec les personnes qui les utilisent :

- dans les pays du Nord, les technologies énergétiques utilisées sont à haute efficacité énergétique et à coût élevé ;

³ Jamila Buret et Faouzi Senhaji, *Énergie et environnement. Le cas du Maroc. Liaison ÉnergieFrancophonie*, no 37, 1997, pp. 20-24.

- dans les pays du Sud, elles sont à efficacité énergétique rudimentaire, à faibles coût et rendement.

II. 1.3.1 Disparité milieu urbain - milieu rural

20. En milieu rural, les sources d'énergie *utilisée* doivent satisfaire essentiellement les besoins vitaux : cuisson des aliments ; chauffage ; éclairage. Ces sources d'énergie sont : l'énergie humaine, l'énergie animale, la biomasse, utilisée de façon traditionnelle. Les énergies commerciales ne représentent qu'une très faible part de l'énergie consommée et sont généralement de faible coût ; ce sont les piles, les bougies, le pétrole lampant, le butane.

II. 1.3.2 Éclairage en milieu rural

21. Pour satisfaire leurs besoins d'éclairage, les familles rurales utilisent généralement des :

- des lampes à pétrole à mèche, souvent faites avec des boîtes de conserve de tomates dans lesquelles on insère une mèche en coton. À Madagascar, on utilise des boîtes de lait évaporé ; elles sont munies d'une tubulure axiale qui reçoit la mèche et d'un orifice latéral permettant de la remplir de pétrole ; elles n'émettent pas plus de 10 à 15 lumens ;
- des lampes-tempêtes -1 40 à 50 lumens pour les lampes importées ;
- des bougies.

22. Dans la pratique, la plupart des familles n'utilisent pas plus d'un point lumineux par pièce au même moment : doubler le nombre dispositifs fait doubler les coûts mais augmente à peine le niveau d'éclairage. L'éclairage sert surtout aux personnes pour voir les contours et éviter de se cogner

23. Le coût combiné des bougies, du pétrole et des piles atteint un montant substantiel ; exemples de dépenses mensuelles ⁴ :

⁴ Robert J. Van der Plas. Les lanternes solaires. *Liaison Énergie-Francophonie*, no 37, 4e trimestre 1997, pp. 14-19.

5,6 \$US pour le pétrole (au Kenya) ;
5,0 \$US pour les piles (au Kenya) ; soit un total de 10,6 \$US
7,70 \$US pour le pétrole et les piles, au Niger

En réalité, on s'aperçoit que pour un service rendu, de qualité médiocre, le prix de revient du kWh est élevé.

II. 2. Aspects de la situation énergétique en Afrique

24. Au début du XXIe siècle, la situation énergétique de l'Afrique est le reflet de son faible niveau de développement.

En 1998, pour une population estimée à 760 millions d'habitants, représentant 13% de la population mondiale, la consommation d'énergie primaire de l'Afrique s'établissait à 480 M tep, soit 4,6% de la consommation mondiale.

Le niveau de consommation d'énergie primaire per capita était pour l'Afrique de 0,63 tep, contre 1,76 tep au niveau mondial ; mentionnons : 4,31 tep pour l'Europe de l'Ouest, et 8,46% pour l'Amérique du Nord.

II. 2.1 Utilisation traditionnelle de la biomasse

[Retour à la table des matières](#)

25. Le bilan énergétique des pays de l'Afrique subsaharienne reste dominé par la biomasse qui compte pour plus des 3/4 de l'énergie consommée, malgré le fait que l'Afrique dispose respectivement de 7,6%, 6,7% et 6% des réserves mondiales de pétrole brut, de gaz naturel et de charbon. En réalité, plus des 3/4 de la production d'hydrocarbures du continent sont exportés, essentiellement vers l'Europe et l'Amérique du Nord.

26. Dans les pays en développement, la biomasse est utilisée de façon traditionnelle, ce qui veut dire de façon peu efficace. « On coupe des arbres pour faire la cuisine »⁵, soulignait le Prof. Goldemberg, lors du deuxième Congrès mondial de la Nature (Amman, Jordanie, 2000), et ceci avec des conséquences graves, comme la destruction des forêts, l'érosion des sols et la perte de la biodiversité. Bref, cette façon de faire engendre une dégradation de l'environnement.

27. En Afrique centrale, comme sur la côte est de Madagascar, ce sont les forêts tropicales qui fournissent l'essentiel du matériel ligneux. Un prélèvement massif sur le couvert végétal pour assurer les besoins énergétiques accroît le processus de désertification et la dégradation de la biodiversité.

Plus de 2,5 millions d'hectares (25.000 km²) sont défrichés chaque année sur le continent⁶, On observe de graves pénuries de bois de chauffage dans de nombreux pays d'Afrique.

II.2.2 Sécurité énergétique en Afrique

[Retour à la table des matières](#)

28. Il apparaît donc urgent que l'Afrique augmente sa consommation énergétique si l'on veut sortir le continent de son état de sous-développement et répondre aux exigences, liées à l'amélioration des conditions de vie de la population.

29. Bien que le continent soit généralement considéré comme riche en ressources et doté de potentiels énergétiques diversifiés, les quantités mises à la disposition des populations restent particulièrement faibles. La consommation énergétique⁷ est de 0,3 à 0,6 tep par habitant et par an en Afrique subsaharienne. contre 7,5 à 9 en Amérique du Nord, soit un écart pouvant aller de 1 à 30. Par ailleurs, le bilan énergétique continue à être dominé par la biomasse - utilisée de manière traditionnelle - qui, dans ses diverses formes,

⁵ Tout en étant d'accord avec l'idée sous-jacente de l'orateur, il convient cependant de remarquer que le bois de feu est en général du bois mort ; il n'en est pas de même dans le cas de la fabrication de charbon de bois.

⁶ *Ibid.*

⁷ *Bulletin africain*, no 11, juillet 1999, p. 13.

représente les deux tiers de la consommation totale d'énergie des ménages.

II. 3 Situation énergétique de la RDC

II.3.1 Combustibles traditionnels

[Retour à la table des matières](#)

30. La part des combustibles traditionnels (en pourcentage de la consommation totale) était, pour la RDC, en 1980, de 80% ; et en 1995, de 91%. Les chiffres correspondant pour le Congo sont de 56% et de 51%.

31. On observe qu'en RDC, la pression sur les combustibles traditionnels (essentiellement le bois et le charbon de bois) s'accroît. En RDC, c'est le bois qui procure l'essentiel de l'énergie dont la population a besoin. Les conséquences de ces prélèvements sont considérables sur la forêt et sur toutes les régulations biophysiques (pluviométriques, hydrologiques, etc.) qui dépendent de son fonctionnement.

Croissance démographique

32. La forte croissance démographique de la RDC, au cours des prochaines années, va encore accroître cette pression sur les forêts. D'après les chiffres du PNUD, la population de la RDC, qui était de 48 millions en 1997, atteindra le chiffre de 80,3 millions d'habitants en 2015. Le taux d'accroissement démographique en RDC est l'un des plus élevés du monde, avec 3,3%.

33. Suivant le PNUD 2004, le chiffre de la population totale de la RDC, pour 2002, est de 51,2 millions, mais les prévisions, pour 2015,

ont diminué ; la population atteindrait 74,2 millions ; le taux d'accroissement démographique 2002-2015 est de 2,8%⁸.

II. 3.2 Électricité

II. 3.2.1 Électrification et consommation d'électricité

[Retour à la table des matières](#)

34. Le taux d'électrification est inférieur à 30% pour la majorité des pays d'Afrique, contre un taux moyen, à l'échelle mondiale, de 60%.

35. En milieu rural, le taux d'accès à l'électricité se situe à 8% seulement pour l'Afrique subsaharienne, contre une moyenne mondiale de 44% ; on observe : 40% pour l'Amérique latine ; 80% pour la Chine.

36. En Afrique subsaharienne, la consommation d'énergie électrique per capita reste faible. Elle est de l'ordre de 500 kWh/an, contre une moyenne mondiale de 2.500 kWh. Mentionnons encore : 9.000 kWh/an pour les pays industrialisés et 900 kWh/an pour les pays en développement.

II. 3.2.2 Consommation d'électricité en RDC

Rapport du PNUD, 1997

37. En RDC, la consommation d'électricité est particulièrement faible. Le Rapport du PNUD (1997) donne les chiffres suivants :

Consommation d'électricité en 1996 :

- RDC : 4.420 millions de kWh (4,42 GWh) ;
- Congo : 553 GWh.

Indice pour 1996 (base 100 = 1980) :

⁸ Cf. PNUD, 2004, Rapport mondial sur le Développement humain. Tableau 5, tendances démographiques, p. 154. Economica, 2004.

- RDC : 102 ; ce chiffre traduit une stagnation ;
- Congo : 339.

Consommation d'électricité, par habitant :

- RDC : 161 kWh, en 1980
94 kWh, en 1996.
- Congo, 98 kWh et 207 kWh, respectivement.

Rappelons que pour l'Afrique subsaharienne, elle est de l'ordre de 500 kWh/an.

38. Force est de constater que la RDC est véritablement à la traîne en ce qui concerne la consommation d'électricité et que, de plus, cette consommation a fortement baissé au cours des décennies 1980 à 1990.

Rapport du PNUD, 2004

39. Dans son Rapport 2004, le PNUD⁹ donne les chiffres suivants :

- Consommation de combustibles traditionnels en RDC, en 2001, en pourcentage du total de l'énergie consommée : 94.6.
- Consommation d'électricité par habitant, en RDC
 - en 1980 : 161 kWh ;
 - en 2001 : 93 kWh, soit une diminution de 57,75
- Consommation d'électricité par habitant, en 2001 :
 - Congo : 137 kWh ;
 - Pays en développement : 1.035 kWh ;
 - Pays les moins avancés : 95 kWh ;
 - Afrique sub-saharienne : 495 kWh.

⁹ PNUD, Rapport mondial sur le Développement humain 2004. Tableau 21, énergie et environnement, p. 210. La liberté culturelle dans un monde diversifié. Economica, 2004. - IDH, RDC : 168 ; IDH, Congo : 144 (IDH : Indice de développement humain).

Partie III

Pistes de solution

[Retour à la table des matières](#)

Contexte du développement durable

40. Dans le contexte actuel, toutes les questions qui se rapportent à la nature et aux ressources naturelles doivent être appréhendées dans la perspective du développement durable. En ce qui concerne l'énergie, il y a de nombreuses façons de mieux l'utiliser. Il convient notamment de tendre, à terme, à exclure l'utilisation de la biomasse suivant les moyens et les procédés traditionnels.

III. 1. Nécessité d'améliorer la situation énergétique des pays en développement

41. Il ne convient pas que les inégalités criantes, entre le Sud et le Nord, persistent. Maurice Strong ¹⁰, à Arnman (2000), soulignait que l'on était en mesure, actuellement, de modifier la situation, et notamment d'éradiquer la pauvreté. Ne pas le faire serait à la fois commettre une faute morale et prendre un risque grave.

¹⁰ Maurice Strong était le Secrétaire général de la conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement, Rio de Janeiro (Brésil), 1992.

42. Par suite de leur faible consommation actuelle d'énergie et de leur forte croissance démographique, c'est dans les pays en développement que se jouera l'avenir de l'énergie. Cette constatation doit être mise à profit pour améliorer la situation énergétique planétaire. Il faudra déployer des efforts considérables afin de mettre *le système énergétique*, tant dans les pays en développement que dans les pays industrialisés, sur une voie qui permettra de réduire les dégradations de l'environnement et qui pourrait être, de ce fait, compatible avec la durabilité.

43. La réduction des inégalités en matière énergétique est liée à

- 1° l'éradication de la pauvreté ;
- 2° l'amélioration des conditions de vie des femmes et des enfants : on consacre souvent 6 h/j à la cuisine dans les PED ;
- 3° l'accélération de la transition démographique (arriver à réduire le taux de croissance de la population) ;
- 4° l'atténuation des problèmes liés à l'urbanisation rapide.

III. 2. Nouvelles approches énergétiques

[Retour à la table des matières](#)

44. En ce qui concerne l'avenir de l'énergie, deux grandes avenues se présentent qui devraient être empruntées simultanément :

- le recours à de nouvelles sources d'énergie, en particulier à des énergies renouvelables ;
- la recherche de l'efficacité énergétique dans la consommation d'énergie.

45. Parmi les voies qui se présentent, on peut citer :

- 1° l'augmentation de l'efficacité dans l'utilisation de l'énergie, et en particulier en fin de cycle énergétique, en agissant sur les plans suivants : les accessoires électriques, les types de véhicules, les processus de production etc. ;
- 2° le recours à des sources d'énergie renouvelables, comme la biomasse (avec des utilisations non traditionnelles) ; p.ex., le recours à des moteurs utilisant des combustibles provenant de déchets (comme l'éthanol, non polluant, p.ex.) et l'hydrogène ; l'énergie photovoltaïque ; le vent ; la géothermie ; le biogaz ; les microcentrales hydroélectriques
- 3° les technologies énergétiques avancées.

46. D'ores et déjà, les énergies renouvelables sont la ressource la moins chère pour certains usages, sites, régions et types de peuplement. À long terme, elles sont les seules à être compatibles avec le développement durable, soit à cause de leur caractère renouvelable (p.ex., la biomasse), soit par suite de leur caractère illimité dans le temps et de leur disponibilité locale, indépendante des contraintes extérieures ; tel est le cas, p.ex., des énergies solaire et éolienne.

III. 3. Énergies renouvelables et développement

[Retour à la table des matières](#)

47. Un recours plus important aux énergies renouvelables est une des conditions nécessaires pour accéder à un développement durable. Elles offrent, en effet, des avantages pour résoudre les problèmes d'énergie, d'environnement et de développement économique et social.

III. 3.1 Flux naturels d'énergie

III. 3.1.1 Diversité

[Retour à la table des matières](#)

48. Les énergies renouvelables sont basées sur l'exploitation de flux naturels d'énergie :

- le rayonnement solaire (énergie solaire) ;
- le cycle de l'eau (énergie hydraulique) ; microcentrales hydroélectriques
- le cycle des vents (énergie éolienne) ;
- le cycle du carbone dans la biosphère (énergie de la biomasse) biogaz ;
- le flux de la chaleur interne de la Terre (énergie géothermique) ;
- l'effet des attractions lunaire et solaire sur les océans (énergie marémotrice).

49. Exploitant des flux naturels, ce sont donc des énergies inépuisables - et souvent gratuites - qui sont mises à profit, à l'inverse des énergies fossiles ou minières gratuites (charbon, pétrole, gaz naturel, uranium).

50. L'électricité mérite une attention spéciale du fait qu'elle peut donner accès à l'éclairage, à la force motrice ainsi qu'au traitement et à la transmission de l'information pour l'éducation, la formation, la culture, les loisirs et les activités professionnelles.

51. Les digesteurs méthanigènes ¹¹ permettent de transformer la biomasse (p.ex., les résidus de l'élevage et de l'agriculture ; les déchets domestiques) en biogaz, combustible, et en fertilisant (boues résiduaires : résidu digéré dépollué).

¹¹ Monzambe Mapunzu, Membre de l'Académie, "La problématique de la biométhanisation en République Démocratique du Congo", *Bulletin de l'ANSD*, vol. no 3, 2002.

III. 3.1.2 Problèmes de stockage

52. Les énergies-flux [comme la chaleur ou l'électricité] sont difficiles à stocker, par opposition aux énergies-matières [gaz, pétrole, charbon].

La biomasse est un exemple de stockage naturel de l'énergie solaire. On peut aussi la transformer en biocarburants (biogaz, éthanol, digester, etc.) ou en hydrogène (par électrolyse de l'eau en utilisant de l'électricité photovoltaïque, p.ex.).

III. 3.1.3 Impacts limités

53. Les énergies renouvelables n'émettent pas de gaz à effets de serre, même dans le cas de l'exploitation rationnelle de la biomasse, où le rapport émission/fixation de carbone peut être quasiment équilibré. Leur impact sur l'environnement local est limité, jamais irréversible et toujours limité à la période d'exploitation.

III. 3.1.4 Utilisation décentralisée

54. La diversité des énergies renouvelables est associée à la complémentarité des gisements - soleil, vent, eau, biomasse. La bonne répartition géographique de ces énergies permet leur utilisation décentralisée, à la fois spatialement et à l'échelle des décideurs : familles, villages, cités, régions et pays.

Cette utilisation décentralisée des énergies renouvelables permet, aussi et surtout, d'apporter le minimum de services énergétiques « modernes » dans les endroits où les réseaux conventionnels de distribution d'énergie ne pénètrent pas souvent (régions enclavées, isolées, difficiles d'accès, etc.).

III. 3.1.5 Techniques d'exploitation des énergies renouvelables

55. Les techniques requises comprennent :

- les techniques traditionnelles (le bois de feu) ;
- les digesteurs méthanigènes (biogaz) ;
- les turbines hydro-électriques (« hydrauliennes ») ;

- les aérogénérateurs (éoliennes) ;
- les capteurs solaires (solaire thermique) ;
- les biocombustibles et biocarburants ;
- les cellules photoélectriques et les modules photovoltaïques (solaire électrique).

III. 3.1.6 Place des énergies renouvelables

56. Les énergies solaires et éoliennes ne représentent encore que 2% dans le bilan énergétique mondial, mais leur croissance est de 30% par an (Goldemberg, 2000). Cette croissance est le résultat de plusieurs facteurs : raréfaction prévisible des combustibles fossiles (notamment le pétrole) ; impact sur l'effet de serre et autres pollutions (correspondant à des externalités) ; augmentation des taxes (traduisant les externalités et visant à réduire la consommation).

Chaque fois que des taxes ou des incitations ont été mises en place, le résultat a été largement positif pour les énergies renouvelables.

57. Chabot (1997) apporte les données suivantes ¹².

La contribution des énergies renouvelables reste inférieure à 20%, des besoins totaux d'énergie primaire mondiaux ; elles se décomposent comme suit :

- 6% pour l'hydroélectricité (2.300 tWh/an ou 510 M tep) ¹³ ;
- 13% pour la biomasse (1,3 G tep dont 1,1 G tep dans les pays en développement, principalement sous forme de bois de feu).

58. Le chiffre de 20% est nettement plus élevé que celui donné par le Prof. Goldemberg (2%). La différence s'explique par le fait que ce dernier ne tient compte ni du bois de chauffe ni de l'hydroélectricité, qui ne sont pas, strictement parlant, des énergies nouvelles.

Pour les autres filières - solaire thermique et photovoltaïque, énergie éolienne, géothermique -, Chabot mentionne moins de 1% ; il

¹² Bernard Chabot, La nécessité de changer de comportement. Un monde d'énergies à conquérir. Écodécision, no 36,1997, pp. 11-15 ; cf. p. 12.

¹³ T : tera = 10^{12} ; G : giga = 10^9 ; M : million = 10^6 . Voir Annexe 1.

y a ici concordance entre les auteurs, la source de l'un datant de 2000, celle de l'autre de 1997. On constate ainsi un doublement en trois ans, ce qui confirme bien le taux de croissance élevé de ces formes nouvelles d'énergie.

III. 3.1.7 Cas de l'Afrique

59. En ce qui concerne l'Afrique, depuis le Plan de Lagos, jusqu'au Plan d'action du Caire, les priorités africaines insistent sur l'utilisation des formes d'énergie renouvelable (en particulier le solaire). Toutefois, les progrès dans ce domaine sont lents.

Il conviendrait, en outre, de mettre davantage l'accent sur la recherche de solutions qui soient économes en énergie. Il faut viser à mieux répondre et à moindre coût aux besoins des populations, en particulier en milieu rural.

60. Deux notions devraient être ici mises de l'avant : la notion de service énergétique et celle d'électrification décentralisée (cf *Infra*).

III. 4. Évolution des choix énergétiques. Innovations énergétiques

III. 4.1 Évolution prévisible

[Retour à la table des matières](#)

61. Compte tenu de la grande inertie des systèmes énergétiques, les changements se font lentement. L'utilisation du charbon - qui a été durant des siècles la forme d'énergie majeure - décroît depuis quelques décennies. Il en sera de même du pétrole dans un proche avenir C'est le gaz qui se présente comme l'énergie du futur proche. Chabot ¹⁴ mentionne à ce sujet que la mise au point et la commercialisation de centrales électriques au gaz naturel, utilisant des cycles combinés à

¹⁴ B. Chabot, *Ibid.*

haut rendement (plus de 50%) provoquent une « ruée vers le gaz » de nombreuses compagnies d'électricité dans Le monde.

62. Le gaz naturel est beaucoup moins polluant que le charbon et le pétrole :

- 1 tep de charbon émet 1 t de CO₂
- 1 tep de pétrole émet 0,8 t CO₂
- 1 tep de gaz émet 0,6 t CO₂

63. Quant au plus long terme, l'avenir énergétique sera le fait des utilisations non traditionnelles de la biomasse (techniques performantes d'utilisation de la biomasse) ; de l'énergie solaire ; de l'énergie éolienne du biogaz.

III. 4.2 Énergie solaire systèmes photovoltaïques

[Retour à la table des matières](#)

64. Les systèmes photovoltaïques décentralisés ont la possibilité de s'affranchir du réseau de distribution d'électricité :

- de petits générateurs domestiques peuvent répondre aux besoins d'éclairage et d'alimentation audiovisuelle des familles ;
- des générateurs spécialisés peuvent être exploités pour les services et les besoins communautaires : écoles, mairies, centres de santé, petits commerces, pompes.

65. Après une décennie (1980) de sensibilisation, de mise au point et de familiarisation avec cette technique, ce sont actuellement des centaines de milliers de familles, dans les zones rurales des pays en développement, qui bénéficient de services énergétiques, basés sur l'électricité photovoltaïque : éclairage, pompage, chaîne de froid (conservation des vaccins), téléphonie (télécommunication) rurale.

On peut s'attendre à un développement régulier de cette filière par suite notamment des baisses de prix, créées par l'effet de série.

66. En ce qui concerne l'énergie solaire, le -niveau et la durée de l'ensoleillement sont particulièrement favorables à une importante utilisation de cette forme d'énergie. C'est ainsi que plus de 120.000 systèmes photovoltaïques (SPV), soit plus de 3 MW de puissance-crête, ont été installés en Afrique.

On en comptait, en 1990, entre 40.000 à 60.000, en Afrique du Sud ; entre 20.000 et 60.000, au Kenya ; 9.800, au Zimbabwe (de 45 WC), entre 1993 et 1997.

67. Lors du stage de l'ÉRAIFT ¹⁵, en 2000, nous avons installé six micro-centrales photovoltaïques dans autant de villages de la région de Mbanza-Ngungu (Bas-Congo, District des Cataractes).

68. La difficulté de pénétration du solaire reste liée à son coût, élevé, compte tenu des revenus des populations vivant en milieu rural. Avec la diminution du prix des systèmes, les taux de pénétration devraient augmenter dans le futur, d'autant plus que cette forme d'énergie semble particulièrement adaptée aux usages dispersés et de faible intensité du monde rural.

III.4.3 Énergie éolienne

[Retour à la table des matières](#)

69. C'est l'ouverture volontariste des marchés - déductions fiscales et/ou subventions à l'établissement - qui a permis de faire progresser les performances techniques et économiques des aérogénérateurs. Citons les cas du Danemark (depuis 1979), de la Californie (1980/1985), puis de l'Allemagne, du Royaume Uni et de l'Inde (années 1990). Chabot (1997) mentionne que les aérogénérateurs produisent plus de 10 TWh par an ¹⁶. En retour de ces tarifs préférentiels, le coût des installations et du kWh éolien a fortement diminué.

¹⁵ ÉRAIFT : *École régionale post-universitaire d'aménagement et de gestion intégrés des forêts et territoires tropicaux*, campus de l'Université de Kinshasa.

¹⁶ Ibid, p. 13.

70. Dans ces pays, l'énergie éolienne n'est pas loin de devenir compétitive, et elle gagnera du terrain dans la mesure où le prix du pétrole continuera à augmenter. L'énergie éolienne pourrait devenir au XXI^e siècle l'une des filières majeures de la production d'électricité primaire.

III.4.4 Hydroélectricité villageoise

[Retour à la table des matières](#)

71. En Chine ¹⁷, de 1974 à 1993, le développement de la petite hydroélectricité a été spectaculaire : la puissance installée est passée de 2,6 à 15 GW et l'énergie produite a augmenté de 4,87 à 47 TWh. Sur les 48.284 petites centrales hydroélectriques, répertoriées en 1993, plus de 85% étaient gérées au niveau des villages.

72. L'électrification s'est accompagnée de mesures visant l'utilisation sobre et efficace de l'énergie :

- priorité accordée aux besoins productifs : agriculture (irrigation, moulins, etc.), petites industries et artisanat, de façon à faciliter le décollage économique par l'électrification rurale ;
- promotion d'appareils domestiques efficaces, notamment de cuiseurs à riz de faible puissance pour limiter le recours au bois de feu lorsque l'eau est suffisante.

73. La mise en œuvre de l'approche décentralisée a permis d'électrifier plus de 90 millions de personnes depuis 1980.

Compte tenu de ce que le gisement mondial de la petite hydroélectricité est d'au moins 500 TWh par an, la contribution potentielle de cette forme d'énergie renouvelable à l'électrification et au développement économique et social des zones rurales des pays en développement est énorme.

¹⁷ Chabot, op. cit., p. 14.

III. 4.5 Valorisation énergétique du bois « *biomasse ligno-cellulosique* »

[Retour à la table des matières](#)

74. La valorisation énergétique du bois implique, en amont, la transformation du bois en charbon de bois, selon des techniques performantes : recherche de la moindre perte possible au moment de la carbonisation ; utilisation d'essences à croissance rapide, propices à la sylviculture ; recours aux résidus de coupe ; etc.

En aval, il convient de veiller à l'emploi de technologies énergétiques performantes, comme des appareils de combustion économes en carburant, c'est-à-dire des foyers améliorés.

75. Cette valorisation de la biomasse répond à des objectifs à la fois économiques, environnementaux et énergétiques :

- protection du couvert végétal, en particulier forestier, et de la biodiversité qui lui est associée ;
- protection de l'environnement grâce à la diminution des gaz à effet de serre ;
- amélioration de l'efficacité énergétique (diminution de la quantité de charbon nécessaire pour obtenir une puissance calorifique égale).

III.4.6 Valorisation des résidus

[Retour à la table des matières](#)

76. Si l'on veut accroître la contribution des végétaux à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, c'est au moment de l'exploitation, de la transformation et de l'utilisation finale des produits ligneux qu'il faut agir.

Dans une exploitation classique, le volume des sciages obtenus représente en général la moitié seulement du volume des grumes entrantes ; le reste part en sciures, écorces, dosses et délignages, et en bois de rebut, impropres à la valorisation dans les industries d'aval, hormis en chaufferie. Il convient donc de veiller à ne pas laisser pourrir ces déchets ou sous-produits qui, sinon, se transformeraient de nouveau en gaz carbonique et en eau, sans aucun bénéfice énergétique ou atmosphérique ¹⁸.

77. Il en est de même des herbes de savanes, des pailles et autres résidus de l'activité agricole, qui se décomposent également en l'absence de valorisation énergétique ; cette valorisation est donc à privilégier

78. C'est ici que peuvent intervenir les bioénergies qui présentent de nombreux avantages.

III.4.7 Bioénergies

[Retour à la table des matières](#)

79. La biomasse produit des combustibles faciles d'utilisation ; pour ce faire, ou peut recourir aux sources suivantes :

- le bois des plantes ligneuses ;
- le crottin du bétail ;
- les déchets (rejets) organiques, domestiques et industriels ;
- la végétation manne ;
- des huiles et les résines arboricoles.

80. De la biomasse peuvent être aussi tirés différents produits, comme :

- le charbon de bois qui est un produit solide ;
- le méthane, le gaz naturel synthétique et le gaz des forêts sont des produits gazeux tirés de la biomasse ;

¹⁸ Chabot, op. cit., p. 11.

- l'éthanol et le méthanol sont obtenus par liquéfaction de la biomasse.

III. 4.8 Biocarburants

III. 4.8.1 Dendro-énergie

Valeur calorifique

[Retour à la table des matières](#)

81. Le bois est le biocarburant le plus ancien et le plus populaire. La valeur calorifique du bois varie selon les essences. La composition chimique du bois et son contenu en eau déterminent son potentiel énergétique. En général, on obtient entre 3.500 et 5.000 calories (ou petites calories) par gramme de matière sèche¹⁹. La vitesse de combustion dépend du contenu en matières volatiles.

82. Des milliards de personnes dépendent toujours, dans le monde, du bois de feu, du crottin ou, au mieux, du charbon de bois domestique pour satisfaire leurs besoins énergétiques : cuire leurs aliments bouillir l'eau ; chauffer leur logement.

Aujourd'hui encore, près de 80% de la population rurale du monde en développement dépendent pour leur survie des biocarburants, se contentant souvent d'allumer, à ciel ouvert, des feux peu performants.

83. D'autres activités exigent la combustion d'énormes quantités de bois, comme p.ex., la fabrication artisanale du verre et de la poterie, la préparation de breuvages traditionnels, les grillades de restaurants, les boulangeries, les briqueteries, le séchage du tabac, la torréfaction du café et la transformation du calcaire en chaux.

III. 4.8.2 Biocarburants et crise de l'énergie

III. 4-8.2.1. Bois

84. Chaque année dans le monde, quelque 4 millions de m³ de bois sont utilisés pour produire de l'énergie. Comme près de deux milliards

¹⁹ Voir l'annexe 11, pouvoir calorifique de divers arbres africains.

d'utilisateurs biocarburants pour leurs besoins énergétiques, cette forme d'énergie renouvelable subit une forte pression.

85. Les difficultés économiques et la croissance démographique en régions rurales augmentent la pression sur les ressources biologiques d'énergie. On épuise le stock des espèces végétales les plus populaires avant de s'attaquer à celles qui offrent un rendement moins élevé et, enfin, aux plus jeunes plants. Des écosystèmes entiers sont décimés.

86. Les coupes excessives ont aggravé les problèmes d'érosion, la perte des sols, la pauvreté et la sécurité alimentaire des villageois les plus pauvres. Le manque d'énergie est une des principales causes de la déforestation, de la désertification et de l'extinction de plusieurs essences à rendement calorifique élevé dans plusieurs régions arides et tropicales du monde en développement.

87. Au demeurant, collecte de bois de feu est une tâche pénible. Par ailleurs, ceux qui ne prélèvent pas le bois doivent consacrer une grande part (de l'ordre de 35%) de leurs revenus domestiques à l'achat de bois de feu.

III. 4.8.2.2. Charbon de bois

88. Au cours de la dernière décennie, la consommation mondiale de charbon de bois a augmenté de 30%. Les grands consommateurs sont le Danemark, l'Espagne, l'Allemagne, les États-Unis et la Grande-Bretagne.

Hormis la cuisson, le charbon de bois est destiné à une foule d'usages : usage pharmaceutique ; purification de l'air ; traitement des eaux usées ; préparation d'aliments et de breuvages ; réfrigération.

89. Le Mexique est un des principaux exportateurs de charbon de bois de qualité. Pour le produire, on utilise des fourneaux peu performants (notamment dans l'État de Sonora). Cette production de charbon détruit la forêt et affecte aussi l'avifaune, la pollinisation, la dispersion des graines et le contrôle biologique des insectes parasites.

III. 4.9 Reboisement à des fins énergétiques *Réserves forestières énergétiques*

[Retour à la table des matières](#)

90. Plusieurs sylviculteurs estiment que la crise de l'énergie et ses problèmes environnementaux peuvent être résolus en établissant des « réserves *forestières énergétiques* »²⁰ de bois de feu et en encourageant l'usage de fours à bois.

91. De telles récoltes biologiques ont un énorme potentiel dans les pays tropicaux, pour les raisons suivantes :

- taux élevés de radiation solaire toute l'année
- croissance rapide des essences indigènes (p.ex., *Leucaena*)
- espace disponible. *Calliandra calothyrsus* peut être exploité deux ans seulement après avoir été planté.

92. Les Légumineuses, comme le *Leucaena leucocephala* et l'*Albizia falcataria* produisent, chaque année, environ 35 m³ de bois de feu par hectare. Ces essences peuvent aussi servir à des fins pharmaceutiques, au fourrage des animaux et à la fixation de l'azote dans le sol.

93. On se limite, dans certains cas, à des programmes communaux de reboisement et à l'introduction de poêles à bois plus performants.

Des projets plus ambitieux - en Uruguay, p.ex. - impliquent le développement de fourneaux industriels, alimentés au bois de feu, lui-même extrait de forêts, aménagées à cette fin.

²⁰ Alejandro Sanchez-Velez, Les bioénergies sont-elles compétitives ? *Écodécision*, no 25, automne 1997, pp. 1-20.

III. 5. Recherche de l'efficacité et de la sobriété énergétiques

[Retour à la table des matières](#)

94. L'efficacité énergétique doit être poursuivie dans tous les usages. Laponche ²¹ propose trois critères pour juger de la contribution de l'efficacité énergétique au développement durable :

- 1° l'obtention des biens et services nécessaires au développement au moindre coût économique pour les consommateurs et la collectivité ;
- 2° l'économie des ressources naturelles, et tout particulièrement des ressources non renouvelables (énergies fossiles) ;
- 3° la préservation de l'environnement, car une consommation d'énergie moindre (à service égal) élimine de façon proportionnelle la pollution associée à cette consommation et à la production qui lui correspond.

95. On retrouve ces mêmes critères dans le cas de différentes techniques qui utilisent les énergies renouvelables : ressources endogènes ; intérêt économique ; absence ou faible dégradation de l'environnement naturel ; disponibilité garantie à long terme.

Sobriété énergétique 96. Distincte de l'efficacité énergétique est la notion de sobriété énergétique qui concerne la réduction de la consommation même de l'énergie. Elle revient à éviter tout gaspillage dans l'utilisation de l'énergie et à en freiner la consommation.

²¹ Bernard Laponche, Un modèle de développement viable à inventer. *Écodécision*, no 37, 3e trimestre 1997, pp. 6-10.

La synergie entre la sobriété énergétique et l'efficacité énergétique débouche sur ce que l'on peut appeler à juste titre l'utilisation rationnelle de l'énergie ²².

²² Chabot, 1997, op. cit., p. 11.

Partie IV

Politique et planification intégrées de l'électrification rurale en RDC

[Retour à la table des matières](#)

97. Pour les pays en développement qui s'efforcent d'améliorer la qualité de la vie dans les campagnes, l'approvisionnement énergétique des zones rurales est une importante question de développement. Tel est le cas de la RD Congo dont la consommation d'électricité est très faible (cf. *supra*).

Nous présentons, ci-dessous, quelques réflexions et pistes de solution qui devraient permettre au Congo de s'engager dans une voie qui déboucherait sur une amélioration sensible de la situation actuelle. Cette voie n'est pas simple dans la mesure où le secteur énergétique est étroitement lié à d'autres grands domaines de l'économie, comme la forêt et l'agriculture.

Songer à résoudre la question énergétique *in se* conduirait à une impasse ; cette grande question doit être abordée dans une optique élargie.

IV. 1. Approche systémique

[Retour à la table des matières](#)

98. Les régions rurales disposent de diverses sources d'énergie naturelle qui tirent leur puissance du soleil et sont renouvelables : la biomasse ; l'hydroélectricité ; la radiation solaire ; l'énergie éolienne. Les deux dernières connaissent des variations quotidiennes et saisonnières. Afin de pallier les problèmes inhérents à ces différentes sources d'énergie, il est opportun de faire appel à leur combinaison - par la mise au point d'un *système énergétique* -, de manière à équilibrer l'offre et la demande.

99. Il y a donc lieu d'élaborer une approche systémique²³ qui tienne compte de l'ensemble des sources d'énergie disponibles, dans la région à l'étude, et de les agencer de la manière la plus judicieuse. Il faut donc mettre en œuvre des approches diversifiées, complémentaires et cohérentes entre elles : c'est l'approche systémique. Elle prend en compte non seulement toutes les formes d'énergie, mais encore leurs interactions, dans l'espace et le temps.

IV.2. Nécessité d'une approche interdisciplinaire

100. L'énergie est un domaine clé du développement durable. De par son universalité et la diversité de ses formes et de ses usages, elle est en relation avec un grand nombre de secteurs : économique, social, environnemental, culturel, sanitaire et sécuritaire, etc. Elle est également à l'origine de multiples problèmes : destruction des forêts ;

²³ Michel Maldague, *Traité de gestion de l'environnement tropical*, tome I, chap. 12, Notions d'analyse systémique appliquées au développement intégré. UNESCO, MAB, CE, Belgique, ÉRAIFT, Université de Kinshasa, pp. 193-208, 2000.

Perte de la biodiversité ; dégradation de l'environnement ; pollutions diverses ; changements climatiques, etc.

Devant une telle situation, de toute évidence fort complexe, c'est aux causes des problèmes qu'il convient de s'attacher plutôt qu'à leurs conséquences.

101. Étant donné le grand nombre de secteurs qui interviennent dans la problématique énergétique, l'approche sectorielle ne peut conduire à rien de valable. C'est de toute évidence, une approche interdisciplinaire, plus précisément *systemique*, qu'il convient d'adopter.

102. Précisons que l'énergie est - avec l'information - une source de néguentropie²⁴. Le développement est en grande partie tributaire de mécanismes néguentropiques. Énergie et information sont les piliers du développement.

IV. 3. Vers une politique forestière, agricole et énergétique intégrée

Quelques réflexions

[Retour à la table des matières](#)

103. Il est manifeste que l'on ne peut poursuivre, plus longtemps, la manière dont on procède actuellement pour satisfaire les besoins énergétiques de la population, en pleine croissance, de la RDC. Elle conduirait directement à la destruction irréversible de la végétation forestière, ce qui correspondrait à une ruine patrimoniale.

104. En bien des endroits, on peut parler de désertification. Tel est le cas, p.ex., de la périphérie de Kinshasa. À Kimpolo (Commune de N'Sele, Quartier Buma), p.ex., à une soixantaine de km de la capitale, on exploite, comme bois de chauffage, les broussailles résiduelles des coupes rases qui ont, au préalable, anéanti la forêt. Des feux courants

²⁴ La néguentropie est l'inverse de l'entropie qui est une forme d'énergie chaotiquement dispersée, incapable de fournir aucun travail. La forêt équatoriale est le plus grand mécanisme néguentropique de la planète. Dans cet écosystème, la photosynthèse va apparemment à l'encontre du deuxième principe de la thermodynamique : la loi de l'entropie croissante.

nettoient ces broussailles de la végétation feuillue, et les liges ligneuses, résiduares, confectionnées en fagots de 3 à 4 m de long (40 kg), sont transportés sur la tête, pour être vendus à Kinshasa. C'est un travail physiquement très dur, éreintant, auquel se livrent hommes, femmes et enfants. Le résultat, c'est la disparition totale de la couverture protectrice du sol, dans des régions de collines qui ne manqueront pas d'être attaquées par différentes formes d'érosion, entraînant des perturbations dans tout le réseau hydrographique et dans le régime hydrologique. On observe, ainsi, que la recherche de bois de chauffage, en périphérie de Kinshasa, est entrée dans sa phase ultime.

Que peut-on faire devant de telles situations qui ont l'ampleur d'une véritable catastrophe ?

IV. 3.1 Niveau institutionnel *Politique d'aménagement intégré du territoire*

[Retour à la table des matières](#)

105. Dès lors que le décideur politique entend que le pays doit améliorer sa situation énergétique *sensu lato*, il convient qu'une structure soit mise en place afin d'élaborer et de guider la mise en œuvre d'une politique d'aménagement intégré du territoire.

Tout, en effet, s'inscrit dans le territoire aussi bien les aspects qui touchent à l'énergie proprement dite que tous les autres, comme la forêt et l'agriculture, l'éducation, la santé, l'habitat et le logement, les loisirs, les transports et les communications, les implantations industrielles, etc.

En d'autres termes, il ne faut pas créer de structure qui viserait spécifiquement la mise en œuvre d'une stratégie d'électrification des campagnes, car on mettrait ainsi l'accent sur un domaine particulier - l'énergie -, ignorant tous les autres et négligeant les interactions entre les secteurs impliqués. La démarche serait réductionniste, sectorielle, incompatible avec l'approche systémique retenue.

106. Ce qu'il importerait de faire, c'est créer un *Commissariat Général à l'aménagement intégré du territoire* (CGAIT), où les questions énergétiques constitueraient un sous-système parmi tous les autres sous-systèmes qui concourent au développement humain et durable ²⁵.

107. Ce Commissariat serait placé sous la responsabilité d'un Ministre ou d'un Vice-ministre, rattaché à la Présidence de la République. Il faut en effet disposer d'une structure très forte, puisqu'il lui incomberait notamment la tâche d'élaborer le Schéma *National d'Aménagement* de la RDC et de veiller à ce que soient établis des plans directeurs régionaux (à l'échelle des provinces) et locaux (à des échelles subordonnées). La création d'une telle structure démontrerait, du même coup, la volonté politique, indispensable à tout programme ou projet de développement intégré. 108. En présence de Projet existants ou à élaborer - qu'il s'agisse de logements, de transport, d'éducation, de santé, de développement industriel, agricole, touristique, d'équipements électriques (moteurs, appareils ménagers), etc. -, le CGAIT veillerait à la recherche de plus de cohérence en ce qui concerne le choix des infrastructures (i.e. systèmes de production) et des consommations énergétiques qui en résulteraient, car dans toute infrastructure, intervient une dimension énergétique. Ceci implique que l'on ait présents à l'esprit, dans la planification et l'implantation des infrastructures, équipements et ouvrages collectifs, les impératifs énergétiques de demain. À cet égard, tout projet doit prendre en compte, dès sa conception, les exigences liées au développement durable.

109. La question des moyens humains et institutionnels est fondamentale. Dans la plupart des pays, il n'existe pas d'organisme responsable des conditions de mise en oeuvre des programmes et projets portant sur l'efficacité énergétique et sur le développement des énergies renouvelables. La structure proposée, le CGAIT, serait notamment chargée de faire en sorte que l'efficacité énergétique soit systématiquement intégrée à tout projet de développement.

²⁵ Les *tables rondes* qui se sont tenues, l'ÉRAIFT, les 24 et 31 mars 2001, ont adopté une recommandation à cet effet.

IV. 3.2 Principes directeurs

[Retour à la table des matières](#)

110. Six principes directeurs doivent guider toute politique énergétique intégrée :

1. Suivant l'approche systémique retenue, la recherche de solutions implique qu'il faille élargir le champ de vision et ne pas se contenter de penser résoudre isolément le problème énergétique. C'est pourquoi, on s'orientera vers le triptyque : énergie-forêt-agriculture (stratégie mixte : énergétique, forestière et agricole). L'agriculture doit être intégrée du fait des relations étroites qui la lient à la forêt.

2. Ensuite, il faut se méfier, et rejeter, les vastes plans coûteux qui n'aboutissent généralement à rien et qui ne sont pas à la portée des villageois. Il convient d'adopter une stratégie appropriée et évolutive, décentralisée.

3. Les actions doivent faire appel au partenariat avec la population. À la base de ce principe se trouve la nécessité de faire appel à la participation active de la population. Celle-ci doit être impliquée dans l'ensemble du cycle de planification de tout projet.

4. Tout programme intégré d'énergie rurale doit se dérouler dans le cadre d'une décentralisation effective. Les problèmes doivent être réglés à des échelles géographiques limitées. Ceci impose une décentralisation avec transfert de pouvoirs et de moyens à des instances régionales et locales (pouvoirs locaux).

5. Il convient de mettre l'accent sur les innovations ; p.ex. l'énergie solaire, photovoltaïque et thermique ; le biogaz ; l'énergie éolienne l'hydroélectricité villageoise ; etc. Un recours étendu aux énergies renouvelables passe par l'intégration de celles-ci dans la démarche globale de la maîtrise de l'énergie. Ceci revient à mettre au point des « systèmes *énergétiques* », variables, en fonction des conditions mésologiques, et évolutifs, en fonction des besoins et des circonstances.

6. La volonté politique, c'est-à-dire l'adhésion des décideurs à l'élaboration et à la mise en oeuvre d'une politique intégrée, associée à la décentralisation des pouvoirs, est la condition *sine qua non* de toute démarche allant dans le sens dégagé.

111. En réalité, il faut une approche à la fois systémique, décentralisée et participative. Elle doit être réaliste, appropriée, réalisable et maîtrisable par la population.

IV. 3.3 Programme intégré d'énergie rurale (PIER)

IV. 3.3.1 Objectifs du PIER

[Retour à la table des matières](#)

112. Les objectifs poursuivis par le PIER devraient être les suivants :

1° répondre aux besoins de base en électricité de la population rurale, et ce en utilisant les ressources disponibles localement ;

2° fournir un apport énergétique essentiel au développement économique, durable, des régions rurales : intégration notamment avec les secteurs forestiers et agricoles.

113. Le programme énergétique intégré doit s'harmoniser avec les plans directeurs régionaux (province) et le schéma directeur national, qui visent le développement global, notamment énergétique et économique. La mise en oeuvre du programme peut débuter par les villages, pour passer ensuite au niveau des districts et des provinces, et aboutir, finalement, à l'échelle nationale.

IV. 3.3.2 Politique énergétique, forestière et agricole *Approche systémique*

114. Dans ce cadre, il y a lieu de promouvoir, en RDC, une politique énergétique, forestière et agricole (1ère approximation ou première génération), intégrée, comportant les dix volets suivants :

1. Une stratégie opérationnelle visant :

- a) l'affectation des terres - application des règles de zonage -, dans le cadre d'une politique d'aménagement intégré du territoire ; délimitation des différentes macro- et micro-zones dans le cadre d'un plan d'occupation des sols (POS) ;
- b) l'application des règles de gestion des bassins versants.

2. Une stratégie opérationnelle de reboisement villageois à des fins énergétiques qui devrait comporter :

- a) la création de pépinières villageoises en vue, prioritairement, de créer des plantations de bois de feu, afin de réduire la pression sur la forêt et de disposer de bois de feu et de service, près des lieux habités ;
- b) dans une approche intégrée, ce volet devrait aller de pair avec la transformation des déchets solides, biodégradables, en compost, utile, notamment, dans les pépinières et les opérations de reboisement.

3. Le reboisement devrait également servir à créer des rideaux d'arbres ou des ceintures de protection autour des forêts résiduelles, comme le recommande l'UICN, afin de les délimiter et de les mettre à l'abri des coupes anarchiques ; un système sylvicultural devrait être identifié afin de leur assurer la meilleure gestion.

4. Une stratégie opérationnelle visant, cette fois, pour les petites villes, la valorisation des déchets solides, par leur transformation en biogaz qui pourrait être utilisé comme source d'énergie pour la cuisson des aliments, le chauffage, l'éclairage, la force motrice, autant d'éléments qui contribueraient également à réduire le prélèvement de bois.

5. Une stratégie opérationnelle d'électrification rurale de base qui aurait pour objet, dans un premier temps, d'apporter, dans les villages, de l'électricité aux endroits communautaires, comme les dispensaires, les centres de santé, les écoles, les lieux de formation et les endroits de rencontre des villageois. Cette disponibilité d'énergie aurait un effet

catalytique sur l'amélioration des conditions de vie dans les villages. Il aurait aussi un impact psycho-social.

6. Le volet énergétique pourrait aussi comprendre :

- la production d'eau chaude, grâce à la fabrication artisanale de chauffe-eau solaires ;
- une politique de valorisation des déchets, associée à l'installation de digesteurs méthanigènes ²⁶.

7. Pour toutes ces technologies, y compris l'utilisation du bois et du charbon de bois, il conviendrait de chercher à augmenter l'efficacité énergétique : meilleur rendement énergétique ; meilleur rendement dans la transformation du bois en charbon de bois ; etc.

8. La production des composantes des installations photovoltaïques et d'autres équipements, associés aux énergies nouvelles et renouvelables, devrait tendre à être locale afin d'en réduire le prix. La collaboration de l'ONUDI pourrait ici être sollicitée.

9. Les mesures d'accompagnement portent sur l'éducation à la gestion des différents secteurs qui déterminent la qualité de la vie en milieu rural : ressources naturelles, agriculture et production agricole, assainissement, hygiène, santé, habitat, énergies nouvelles et renouvelables, etc. Il convient d'accroître la capacité des responsables des secteurs énergétique, forestier et agricole.

10. Le recours aux nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) est indispensable ²⁷.

IV.3.3.3 Stratégie pour l'introduction de mesures incitatives

115. Les systèmes modernes et durables de production d'énergie sont propres, décentralisés et souvent peu coûteux. Afin d'en

²⁶ Cf. Prof. Monzambe Mapunzu, *Membre de l'Académie, op. cit.*

²⁷ Se référer à la communication du Prof. Mweze Chirhulwire, *Membre de l'Académie*, Les nouvelles technologies de l'information et de la communication dans la reconstruction de la société et de l'État congolais, *Bulletin de l'ANSD*, vol. 3, 2002.

encourager l'implantation, des mesures incitatives devraient intervenir dans trois domaines d'importance stratégique ²⁸

1° Investissements judicieux et tarification équitable

Il convient d'éliminer les subventions accordées aux secteurs énergétiques traditionnels. Celles-ci ont souvent agi comme des barrières tarifaires, empêchant l'essor des énergies nouvelles et faisant obstacle à l'amélioration des rendements énergétiques. Avec le retrait des subsides, de nouveaux services peuvent être offerts aux différents groupes d'utilisateurs.

2° Soutien à l'innovation

Une seconde stratégie consiste à promouvoir et à rendre plus facilement accessibles les énergies renouvelables et les technologies *appropriées* qui améliorent les rendements énergétiques dans les secteurs agricole, industriel, commercial et domestique. Des politiques innovatrices peuvent encourager l'adoption de normes relatives à l'efficacité énergétique et stimuler la fabrication d'appareils plus performants.

3° Services énergétiques en Milieu rural

Le troisième domaine est l'approvisionnement énergétique en milieu rural et le financement correspondant. Des approvisionnements énergétiques durables sont essentiels pour réduire la pauvreté, assurer le développement viable, protéger l'environnement et améliorer les conditions de vie des femmes.

La possibilité de recourir à de petits emprunts et aux facilités de crédit est une condition déterminante pour approvisionner en énergie le milieu rural. Le PNUD a récemment lancé le projet « Initiative *en faveur du développement durable* » ²⁹.

²⁸ Ellen Morris. Éviter les erreurs technologiques. *Écodécision*, no 25, automne 1997, p. 29.

²⁹ Les principaux éléments du projet UNISE incluent le développement des capacités autochtones, l'amélioration des politiques environnementales, le saut vers de nouvelles technologies et approches et l'assistance au développement et à l'application de programmes nationaux en matière d'énergie.

Conclusion

[Retour à la table des matières](#)

116. Nous n'avons pu donner ici que les grandes lignes d'une politique intégrée d'électrification en RDC. Elles montrent cependant l'orientation à Suivre pour accroître la consommation d'électricité - d'énergie *sensu lato* - en RDC et assurer, par là, l'amélioration des conditions de vie de la population, le développement socio-économique et la protection des forêts.

117. L'Académie (ANSD) a pour vocation de catalyser et de guider le développement de la RDC et de veiller à ce qu'il se déroule conformément aux données scientifiques.

Elle doit aussi donner des impulsions aux décideurs afin que soient adoptées les politiques indispensables aux actions de développement.

Dans la même foulée, elle doit baliser les pistes et proposer des méthodes et des stratégies en mesure d'atteindre les objectifs fixés.

118. De manière concrète et à l'issue de cette *Leçon publique*, je propose que l'ANSD fasse sienne, après examen plus approfondi, le *Programme intégré d'énergie rurale* (PIER) proposé, le porte à l'attention des responsables politiques qui assument la responsabilité des décisions à prendre en matière d'énergie, de foresterie et de développement rural, et veille à sa mise en œuvre.

119. Je propose également que l'ANSD appuie la recommandation, adoptée à l'issue des Tables rondes, tenues les 24 et 31 mars 2000, à

l'ÉRAIFT, à l'effet de créer un *Commissariat Général à l'aménagement intégré du territoire*.

120. La mise en oeuvre du PIER - qui peut être lancé sans disposer de moyens spéciaux - doit faire appel à des appuis extérieurs. Dans ce domaine, aussi, l'ANSD peut apporter sa contribution en constituant les dossiers à soumettre aux organismes de financement, comme le PNUD-Kinshasa, le GEF, l'UICN, le WWF, le Programme mondial de l'Énergie, l'ONUDI, l'UNESCO, la FAO, diverses Ambassades locales, etc.

121. J'ai la profonde conviction que grâce aux compétences que l'ANSD regroupe, les autorités politiques de la RDC ne tarderont pas à reconnaître qu'elles auraient intérêt à s'adresser à *l'Académie* dans le cas de gestion de dossiers complexes.

122. Aussi, plus que jamais, se justifie la création de *l'Académie Nationale des Sciences du Développement de la RD Congo*.

Je vous remercie.

Annexes

Annexe I

Unités et transformations

[Retour à la table des matières](#)

Calorie

- calorie ou calorie-gramme ou petite calorie (cal ou calg) : énergie thermique nécessaire pour élever de 1° C la température de 1 cm³ d'eau (à 15° C)
- kilocalorie ou kilogramme calorie (kcal) ; 1 kcal = 1.000 cal
- joule (J) : énergie de travail nécessaire pour élever de 10 cm un kilogramme de poids = 0,1 kilogramme-mètre (kgm).
- L'équivalent mécanique de la chaleur : 4,185, c'est-à-dire que 1 cal = 4,185 J ; ou 1 .000 cal = 1 kcal = 4.185 J = 4,185 kJ (on utilise, de façon courante 4,18 kJ) ;

1 kJ = 1/4,18 kcal = 0,23923 kcal
p.ex., 241 cal = 241 x 4,180 = 1.007,38 cal

- 1 cal/g = 1,8 BTU/lb
- 1 BTU/lb = 1 : 1,8 = 0,5556 cal/g

Poids, longueur et pression

- 1000 g = 10(3) = 1 kg
- k, kilo, 10^3 ; 1 kilowatt (kW) = 1.000 ou 10^3 W
- M, mega, 10^6 ; 1 mégawatt (MW) = 1.000.000 ou 10^6 W
- G, giga, 10^9 ; 1 gigawatt (GW) = 10^9 W (ou 1 milliard de W)
- T, téra, 10^{12} ; 1 térawatt (TW) = 10^{12} W (en 1000 milliards de W) (ou 1 milliard de kW)

- 1 milligramme, 1 mg = 10^3 g
- 1 microgramme, 1 μ g (ou gamma) = 10^6
- 1 picogramme = 10^{12} g
- 1 cm³ = 0,061 po³
ex., 596,11 cm³ x 0,061 = 36,36 po³

Livre et pouce

- 1 lb = 0,454 kg = 453,59 g
ex. 60 lb = 60 x 0,454 kg = 27,24 kg
- 1 po = 2,54 cm
- 1 pi = 30,48 cm
- 1 pi² = 0,092903 m²
- 1 kg/cm² = 14,3299 lb/po²
- 10 lb/pi² = (10 x 0,454 kg)/0,092903 m² = 4,54 kg/0,092903 m² = 48,87 kg/m²
- 1 lb/pi² = 4,88 kg/m²
ex. : 50 lb/pi² = 50 x 4,88 kg/m² = 244 kg/m²
- π = 3,1416

Énergie et travail

- calorie (cal ; petite calorie) : quantité d'énergie (chaleur) nécessaire pour élever la température de 1 g d'eau pure de 14,5 à 15,5 °C ;

- kilocalorie (kcal) ; 1 kcal = 1.000 cal. Dans le langage courant, notamment en nutrition, on utilise souvent le mot « calorie » pour désigner la kilocalorie.

- Newton (N) ; 1 N : intensité de la force qui, appliquée à une masse de 1 kg, lui confère une accélération de 1 m/s (1 mètre par seconde).

- joule (J) ; 1 J = N.m ; travail d'une force de 1 N dont le point d'application se déplace de 1 m dans la direction de la force ; 1 J = 1/4,18 cal ; 1 cal = 4,186 J (équivalent mécanique de la chaleur) ; on utilise, couramment : 1 cal = 4,18 J

Puissance

- watt (W). Puissance de 1 joule par seconde ; 1 W = 1 J/s

- kilowatt (kW) ; 1 kW = 1.000 W.

- MWé : mégawatt électrique

- MWt : mégawatt thermique

Le rendement de la transformation du MWt en MWé est de 25% ;
p.x., 92,3 MWt donnent $92,3 \times 0,25 = 23,1$ MWé.

** Énergie*

- watt.heure (Wh)

- kilowatt.heure (kWh) ; c'est l'énergie fournie par un appareil de 1 kW qui a fonctionné pendant 1 h ;

- 1 Wh = 860 cal ;

- 1 kWh = 860 kcal ; c'est une quantité d'énergie importante, capable, p.ex., d'élever la température de 20 litres d'eau de 43 °C ;

- 1 Wh = 860 cal ; sachant que 1 cal = 4,186 J ; on a :

$$1 \text{ Wh} = 860 \times 4,186 = 3.599,96 \text{ J} = 3.600 \text{ J} ;$$

- 1 kWh = 3.600-000 J ;

• Pression

- 1 kilogramme-force par m² (kgf/m²) : pression exercée par une force de 1 kgf (ou poids de 1 kg) sur une surface de 1 m² ;

- 1 kilogramme-force par cm^2 (kgf/cm^2) : pression exercée par une force de 1 kgf (ou poids de 1 kg) sur une surface de 1 cm^2 ; $1 \text{ kgf}/\text{cm}^2 = 10.000 \text{ kgf}/\text{m}^2$

Quantité d'énergie électrique

Coulomb (C) ; 1 coulomb = 1 ampère x 1 seconde (quantité d'énergie électrique qui circule avec un courant d'un ampère pendant une seconde).

- **Courant électrique**

- Ampère (A)
- 1 ampère = 1 C./s

- **Tension**

- Tension ou différence de potentiel, exprimée en volts (V).

Résistance électrique

- Résistance, exprimée en ohms (Ω).

Charbon et pétrole

Le charbon et le pétrole se mesurent habituellement en tonnes.

- Énergie contenue dans une tonne de charbon brut : 8.139 kWh

Calculs - Charbon.

Charbon, $1 \text{ t} = 10^6 \text{ g}$; $1 \text{ g charbon} = 7.000 \text{ cal} = 7 \text{ kcal}$
 $1 \text{ kg charbon} = 7.000 \text{ kcal}$; $1 \text{ t charbon} = 7.000.000 \text{ kcal}$
 $860 \text{ kcal} = 1 \text{ kWh}$
 $7.000.000 \text{ kcal} / 860 \text{ kcal} = 8.139 \text{ kWh}$

- Énergie contenue dans une tonne de pétrole : 11.964 kWh

Calculs - Pétrole

Pétrole, 1 g pétrole = 10.289 cal = 10,289 kcal ; 1 kg pétrole = 10.289 kcal

1 t pétrole = 10.289.000 kcal
 10.289.000 kcal / 860 kcal = 11.963,9 = 11.964 kWh (in : Zoran : 11.964)

12.000 kWh = 1 tep (tonne équivalent pétrole).

Utilisation d'énergie électrique dans le monde 1981 - 2000 - 2050

En 1981

- 4,5 milliards de personnes, $4,5 \times 10^9$
- utilisent 10.000.000.000.000 W d'énergie, 10×10^{12} W = 10 TW

Soit, **énergie utilisée** par personne (p) :

$$10 \times 10^{12} \text{ W} / 4,5 \times 10^9 \text{ p} = 10 \times 10^9 \text{ kW} / 4,5 \times 10^9 \text{ p} = 10 / 4,5 = 2,2 \text{ kW/p}$$

Puissance : rythme auquel un travail est accompli ou l'énergie utilisée

- par jour : 2,2 kW /p ; soit $2,2 \text{ kW} \times 24 \text{ h} = 52,8 \text{ kWh/j}$
- par an : $52,8 \text{ kWh/j} \times 365 \text{ j} = 19.272 \text{ kWh/personne et par an}$

Exemple

• un radiateur électrique de 1 kW consomme de l'énergie par an au rythme de 1 kWh ou, par jour : $1 \text{ kW} \times 24 \text{ h} = 24 \text{ kWh/j}$; ou, par an : $24 \text{ kWh/j} \times 365 \text{ j} = 8.760 \text{ kWh/an}$

Consommation totale d'énergie dans le monde : 10×10^{12} W soit 10 TW

rappel : $10^{12} \text{W} = 1 \text{ TW}$

L'énergie électrique se mesure habituellement en watts (W).

Prévision de Zoran Zaric, en 1981, pour 2000

An 2000 : $6,7 \times 10^9$ p ; consommation électrique par p = 3,06 kW

Soit, au total : $6,7 \times 10^9$ p x 3,06 kW/p = 20,502 kW/p x 10^9 p = $20,5 \times 10^9$ kW = $20,5 \times 10^{12}$ W = 20,5 TW, soit un peu plus du double qu'en 1981 (10 TW, cf. plus haut).

Prévision pour 2050

An 2050 : $10,5 \times 10^9$ p ; consommation électrique par p = 5,28 kW

Soit : $10,5 \times 10^9$ p x 5,28 kW/p = $55,44 \times 10^9$ kW = $55,44 \times 10^{12}$ W = 55,44 TW.

Annexe II

Consommation de bois et dépense énergétique correspondante

1. Consommation de bois

[Retour à la table des matières](#)

On peut exprimer les quantités de bois de plusieurs manières :

- C_p / j : consommation de bois par personne et par jour ;
 - C_p / an : consommation de bois par personne et par an ;
- $$C_p / \text{an} = C_p / j \times 365 j$$

- C_f / j consommation de bois par famille et par jour ;
- $$C_f j = C_p / j \times n,$$
- où
n, nombre de personnes dans la famille.

- C_f / an : consommation de bois par famille et par an ;
- $$C_f / \text{an} = C_f / j \times 365 j ; \text{ ou}$$
- $$C_f / \text{an} = C_p / j \times n \times 365 j$$

Exemple

Soit une famille (f) de 8 personnes (p) qui utilise 25 kg de bois par jour ; $n = 8 p$.

$$C_f / j = 25 \text{ kg}$$

$$C_p / j = C_f / j / n = 25 \text{ kg} : 8 p = 3,125 \text{ kg/p/j}$$

On peut calculer la consommation de bois de la famille par an :

$$C_f / \text{an} = C_f / j \times 365 j = 25 \text{ kg/j} \times 365 j = 9.125 \text{ kg}$$

ou

Cf. / an = $C_p / j \times n_p \times 365 j = 3,125 \text{ kg} / p/j \times 8 p \times 365 j = 9.125 \text{ kg}$

Équivalent énergétique

Le pouvoir calorifique d'un corps est « la *quantité de chaleur dégagée par l'unité de poids de ce corps* ». Il s'exprime en calories par gramme (cal/g) ou en joules/g (J/g) (1 cal = 4,185 J). Il varie, dans la pratique, avec la teneur en humidité du corps.

Pour les bois tropicaux, le pouvoir calorifique supérieur (PCS) est, en moyenne, de 19.990 kJ/kg ³⁰.

On donne au tableau 1, les valeurs calorifiques de quelques essences.

Tableau 1. Valeurs calorifiques de quelques essences (B. Dossou, 1992)

	cal/g	kca/g	kcal/kg	kJ/g	kJ/kg
Prosopis africana	4.736,66	4,737	4.737	19,824	19.824
Anogeissus leiocarpus	4.611,14	4,611	4.611	19,297	19.297
Pterocarpus erinaceus	5.198,17	5,198	5.198	21,754	21.754
Tectona grandis	3.440,00	3,440	3.440	14,396	14.396

³⁰ Cf. *Mémento du forestier*, 1989.

2. Dépenses énergétiques de la famille (E_{bois})

Supposons que le bois utilisé ait un PCS de 20.000 kJ/kg.

- $C_f / j = 25 \text{ kg}$

- $E_{\text{bois}} f / j = 25 \text{ kg} \times \text{PCS} = 25 \text{ kg} \times 20.000 \text{ kJ/kg} = 500.000 \text{ kJ/j}$

- $E_{\text{bois}} f / \text{an} = E_{\text{bois}} f / j \times 365 \text{ j} = 500.000 \text{ kJ/j} \times 365 \text{ j} = 182.500.000 \text{ kJ/an.}$