



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

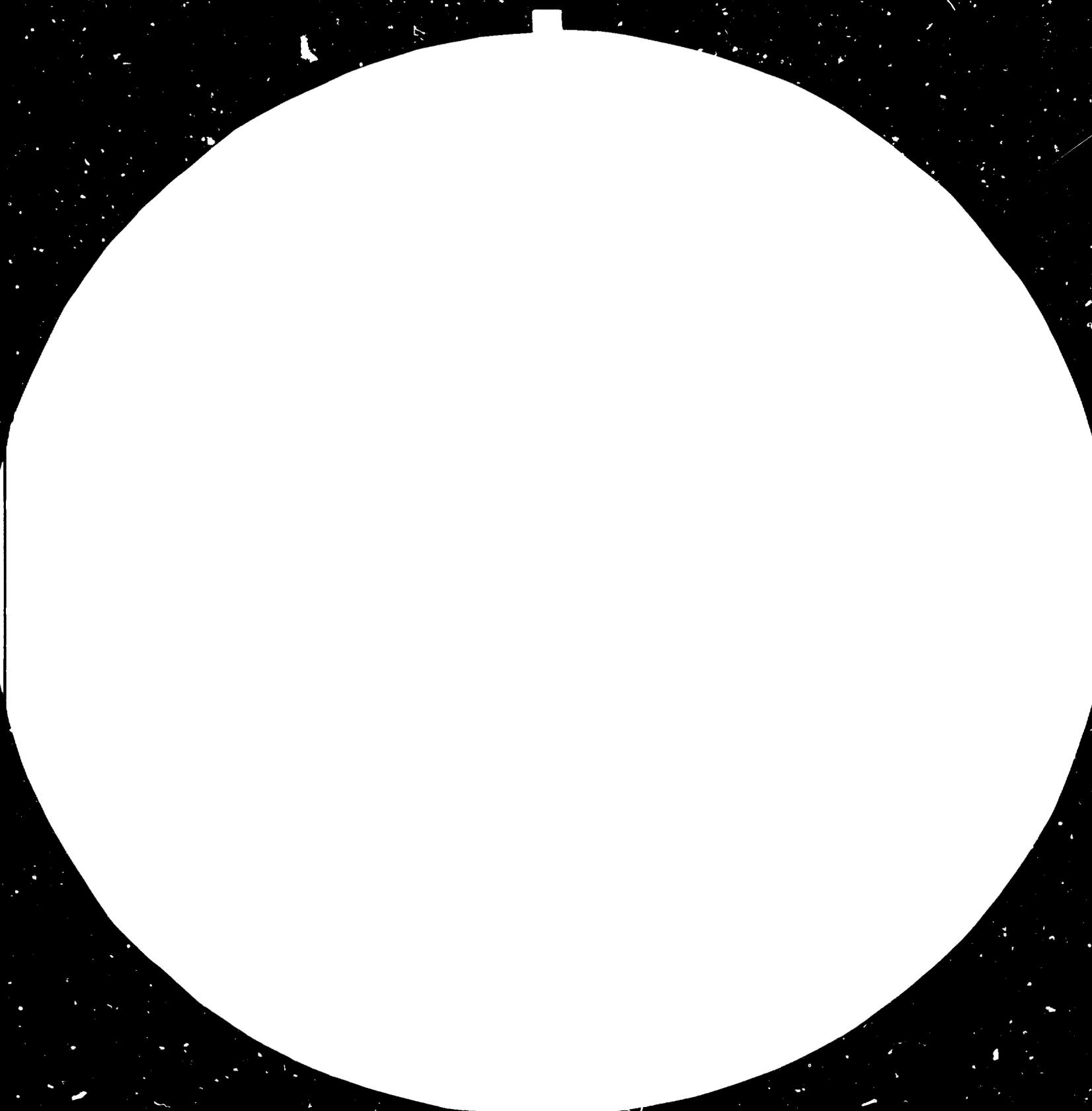
FAIR USE POLICY

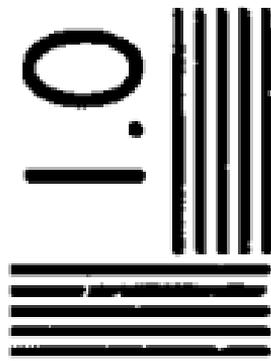
Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

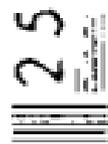
Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org





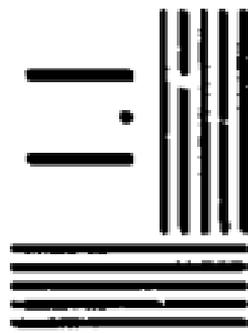
28



22



20



1.25

1.4

1.6

MINORITY REPORT OF THE BOARD

1950

Traduction d'un document n'ayant pas fait l'objet d'une mise au point rédactionnelle.

Les appellations employées dans ce document et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

V.83-58691

TABLE DES MATIERES

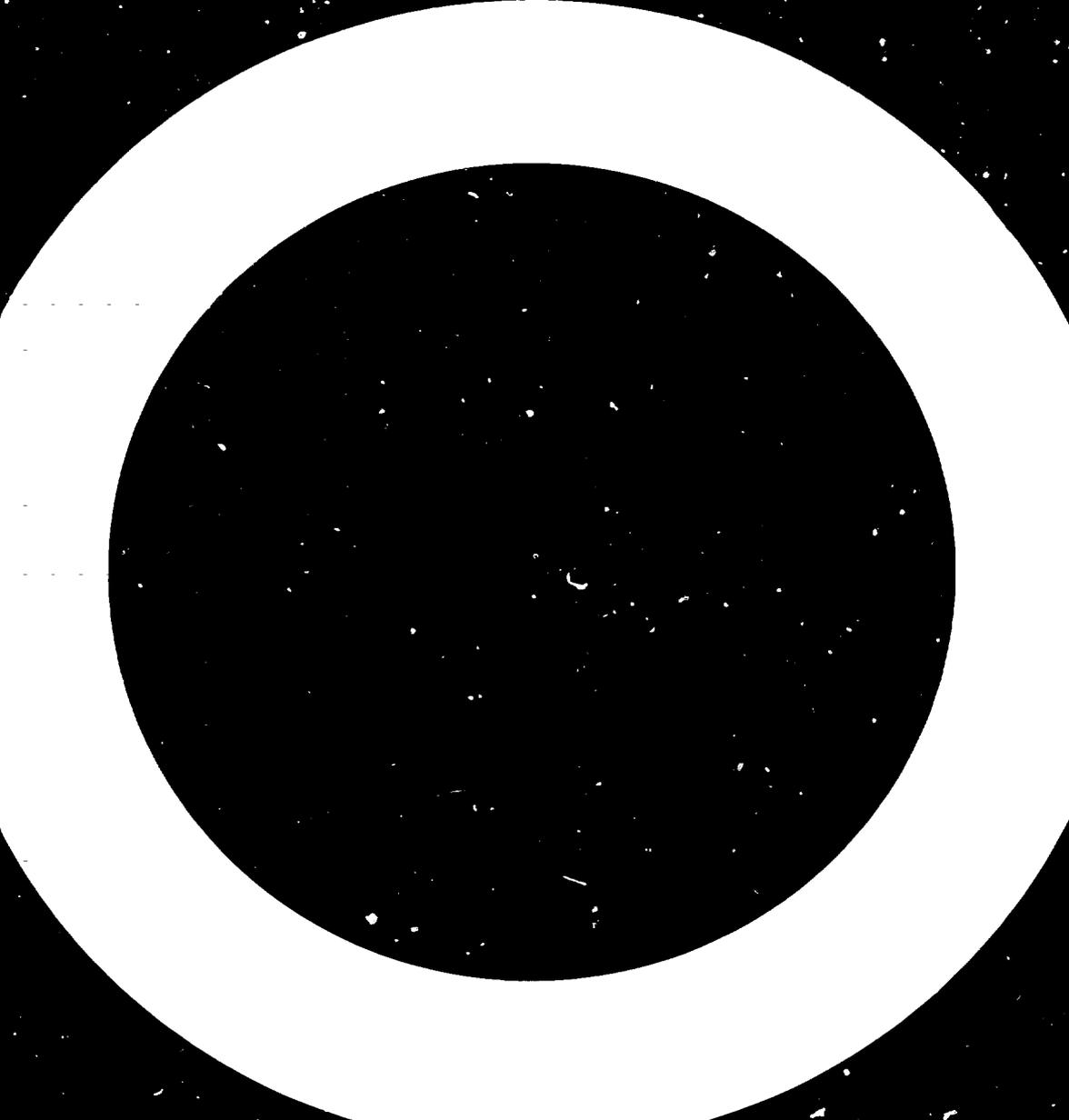
	<u>Pages</u>
INTRODUCTION	5
I. OPTIONS EN MATIERE D'APPROVISIONNEMENT	7
A. COMBUSTIBLES FOSSILES	7
Mise en valeur des ressources indigènes	7
Compétences techniques et capital à risque	7
Gaz naturel national	8
Charbon national	9
Autres ressources d'hydrocarbures	10
B. LE POTENTIEL DE LA HOUILLE BLANCHE	10
Ressources hydroélectriques mondiales	10
La question d'échelle	12
Quelques activités en cours dans les pays en développement	13
L'économie de l'énergie hydroélectrique	14
Evaluation des ressources	15
Mise au point de projets	15
a) Evaluations par pays et par région	15
b) La question de la fabrication de matériel	15
c) Le lien économique avec l'industrie	16
d) Logiciel nécessaire	16
C. LES POSSIBILITES OFFERTES PAR LA BIOMASSE	17
Nécessité d'une approche intégrée	17
La base de ressources nécessaire et son développement	18
Niveau de développement des techniques de conversion	19
Incertitude économique	20
Projets de grande envergure concernant la biomasse	21
Planification socialement responsable des ressources de la biomasse	22
Quelques approches pratiques	22

TABLE DES MATIERES (suite)

	<u>Pages</u>
D. LA FILIERE SOLAIRE	23
Quelques applications industrielles de l'énergie solaire	23
Nécessité d'installations expérimentales	24
Energie solaire photovoltaïque	24
E. AUTRES FILIERES ENERGETIQUES	24
a) Energie géothermique	25
b) Energie éolienne	25
c) Energie nucléaire	25
II. GESTION DE L'ENERGIE A USAGE INDUSTRIEL	26
A. GESTION	26
a) Planification nationale de l'énergie à usage industriel	26
b) Planification énergétique au niveau de l'usine	26
c) Les moyens d'améliorer la gestion énergétique	27
B. CONSERVATION ET SUBSTITUTION	28
Améliorer les rendements énergétiques	28
Modifier la structure industrielle	28
Mesures de conservation peu coûteuses et à effet rapide	29
Combustibles de substitution	30
Motivations économiques	31
Les obstacles aux économies d'énergie	32
L'intérêt économique des substitutions	33
III. POSSIBILITES D'ACTION ET GRANDS PROBLEMES	34
Le cadre des politiques économiques et sociales	34
Une politique industrielle appropriée	34
Energie et industrie	35
Les problèmes de politique énergétique	35
a) La gestion des ressources	35
b) L'équilibre entre les importations et l'utilisation des ressources intérieures	36
c) Adaptabilité	37

TABLE DES MATIERES (suite)

	<u>Pages</u>
d) L'équilibre entre l'offre et la demande	37
e) Le rôle des économies d'énergie	38
f) Politique énergétique et politique industrielle	38
g) La mise en oeuvre des politiques énergétiques	39
 IV. PROGRAMMES A ENTREPRENDRE	 40
a) Evaluation des bilans énergétiques	40
b) Evaluation du secteur de l'énergie industrielle	41
c) Contrôle des bilans énergétiques à l'usine	41



INTRODUCTION

1. Les pays en développement traversent maintenant une période au cours de laquelle ils doivent procéder à des ajustements et prendre des décisions touchant l'avenir énergétique de leur industrie. Il leur faut se dégager de leur actuelle dépendance massive vis-à-vis du pétrole importé pour préparer un avenir fondé sur le recours accru aux sources d'énergie indigènes, sur une gestion plus avisée et un meilleur rendement de l'énergie. Il importe donc au plus haut point de déterminer les politiques possibles, de dégager les principaux problèmes qui se posent à cet égard et de définir les initiatives novatrices nécessaires pour aller de l'avant dès que la voie aura été choisie.

2. L'interdépendance entre l'énergie et le secteur industriel est l'un des principaux éléments dont les gouvernements des pays en développement doivent tenir compte lorsqu'ils définissent leur politique énergétique et leur politique industrielle. L'industrie constituant le premier débouché de l'énergie, qui représente directement entre 30 % et 50 % de la consommation totale, l'évolution de l'industrie touche le secteur énergétique d'aussi près que l'évolution du secteur énergétique intéresse l'industrie. La taille et la structure du secteur industriel déterminent le volume de la demande d'énergie et dans une certaine mesure le type d'énergie requis. De même, la disponibilité des sources d'énergie et leur coût ont une grande influence sur l'industrialisation.

3. Le présent document traite de quelques aspects de ces rapports qui influent sur la situation énergétique et industrielle des pays en développement. Les options existant en matière d'approvisionnement en énergie, en ce qui concerne plus spécialement l'énergie de la biomasse et l'énergie hydroélectrique, seront examinées en premier. L'approvisionnement de l'industrie ne pouvant être dissocié de l'approvisionnement de l'économie tout entière, l'examen de cette question aura nécessairement un caractère général. On analysera ensuite les possibilités de réaliser des économies d'énergie et de substituer d'autres combustibles au pétrole dans le secteur industriel. Pour finir, on tentera de cerner quelques-unes des conséquences que l'évaluation probable du secteur industriel peut avoir sur le plan énergétique. Compte tenu de cet examen général, on définira quelques questions intéressant la politique industrielle et formulera des propositions concernant les programmes à entreprendre.

4. Le présent examen se situe à un plan de généralité qui ne fait pas ressortir l'hétérogénéité des pays en développement en ce qui concerne le degré de développement de leur agriculture et de leur industrie, le niveau de vie, l'infrastructure sociale et matérielle, la dotation en ressources et la doctrine économique. Cette mise en garde doit rester présente à l'esprit, surtout si l'on veut déterminer la mesure dans laquelle les programmes proposés conviennent à des pays aussi différents que le Burundi et le Brésil par exemple.

I. OPTIONS EN MATIERE D'APPROVISIONNEMENT

A. COMBUSTIBLES FOSSILES

Mise en valeur des ressources indigènes

5. La découverte de pétrole bon marché au Moyen-Orient, surtout depuis 1950, a freiné la mise en valeur de ressources en combustibles fossiles plus coûteux dans les autres régions du monde. Pour tous les pays, sauf les mieux lotis, il revenait moins cher d'importer que d'exploiter des ressources nationales. A présent, la très forte hausse du prix de tous les combustibles fossiles et le coût élevé des importations favorisent la mise en valeur des sources d'énergie nationales dont l'exploitation n'était jusqu'ici pas rentable.

6. De tous les combustibles fossiles dont un pays peut disposer, le pétrole est celui qui se prête manifestement le mieux à la mise en valeur. Source d'énergie épuisable, le pétrole joue peut-être un rôle controversé dans les stratégies énergétiques à très long terme, mais à plus brève échéance sa contribution peut être importante. Il est le plus souple de tous les combustibles actuellement utilisés et les réseaux de distribution et les techniques et machines nécessaires pour son utilisation existent déjà.

7. Un grand nombre de pays en développement qui en importent actuellement ont quelques réserves prouvées de pétrole ou possèdent des zones géologiques de grand intérêt. En dépit de ces conditions encourageantes et de la forte incitation économique qu'offre le renchérissement du pétrole, le nombre de forages exécutés dans les pays en développement importateurs de pétrole n'a constitué, tout au long de la dernière décennie, que 3 % du total mondial. Il importe donc de s'interroger sur les raisons pour lesquelles la recherche pétrolière est demeurée à un niveau aussi faible et sur les mesures qui pourraient être prises pour remédier à cet état de choses.

Compétences techniques et capital à risque

8. Dans le passé, les sociétés pétrolières internationales ont fourni, en vertu des arrangements contractuels et financiers conclus avec le pays d'implantation, une bonne partie du capital à risque et des compétences techniques nécessaires pour la mise en valeur des ressources pétrolières. L'existence, surtout aux Etats-Unis d'Amérique et au Canada, de possibilités attrayantes explique en partie le peu d'intérêt de ces sociétés pour la recherche pétrolière dans les pays en développement importateurs de pétrole. Il s'y ajoute des difficultés

de trésorerie limitant l'ampleur des activités exploratoires à entreprendre, des arrangements contractuels et fiscaux n'offrant pas d'incitations suffisantes au regard de l'exiguité des gisements que l'on peut normalement espérer découvrir dans ce groupe de pays et les entraves à la libre disposition du pétrole brut obtenu. Il semblerait donc utile que les gouvernements intéressés mettent au point des mesures d'incitation adaptées aux conditions nouvelles, en accordant par exemple une aide fiscale pour encourager l'exploration et la mise en valeur de petits gisements et en essayant d'attirer de nouveaux investisseurs tels que les petites sociétés indépendantes qui n'ont jusqu'à présent pas apporté de contribution majeure à la recherche pétrolière dans les pays en développement importateurs de pétrole.

Gaz naturel national

9. Pour les pays qui en produisent, le gaz naturel présente un attrait particulier comme combustible industriel pouvant remplacer les produits dérivés du pétrole. Il est toujours moins cher que les produits pétroliers importés et les techniques nécessaires pour sa conversion sont bien au point.

10. Des réserves de gaz naturel existent dans de nombreux pays en développement, dont certains pays importateurs de pétrole. Comme dans le cas du pétrole, les perspectives d'exploitation dépendent d'une évaluation systématique des réserves et des mesures d'incitation proposées, ainsi que du prix à la production, qui doit être rémunérateur. Les énormes quantités de gaz qui sont actuellement brûlées à la torche faute d'incitations suffisantes à leur utilisation rationnelle, mettent en relief l'importance du prix.

11. L'exploitation du gaz naturel peut également avoir des conséquences sur la structure du secteur industriel. Dans les pays disposant de ressources abondantes, le gaz naturel peut être une matière de base pour la fabrication de produits nouveaux - engrais, méthanol et urée. Il peut aussi être exporté à l'état liquéfié. Il s'agit dans tous ces cas d'investissements très importants qui doivent être préparés par une évaluation prudente des ressources disponibles et par des études de faisabilité économique approfondies.

12. Les pays qui n'en disposent pas sur leur territoire national peuvent importer du gaz sous la forme de gaz naturel liquéfié. Il est cependant peu probable que celui-ci puisse devenir un combustible de rechange pour la plupart des pays en développement. Le coût du gaz naturel liquéfié n'est pas à l'heure actuelle nettement moins élevé que celui du pétrole, son transport exige des installations coûteuses et complexes et les chargements minimums sont trop importants en regard des quantités dont l'industrie des pays en développement a besoin.

Charbon national

13. Le charbon pourrait offrir une solution de rechange valable à l'emploi du pétrole dans l'industrie. Il y a quelques décennies, le charbon était encore dans le monde l'un des principaux combustibles qui faisait l'objet d'un commerce international bien développé et fournissait plus de la moitié de l'énergie marchande totale consommée. Le pétrole a désormais supplanté le charbon sauf dans les pays disposant de ressources nationales abondantes - Chine, Inde, République populaire démocratique de Corée, Zambie et Zimbabwe - où il demeure un important combustible industriel. On n'importe guère de charbon pour produire de la vapeur, mais plusieurs pays importent du charbon cokéfiabie pour la sidérurgie.

14. Le charbon a pour avantage d'être un combustible connu dont la technologie est bien développée. Toujours moins cher que le pétrole par unité d'énergie, le charbon existe en abondance à l'échelle mondiale. Pas plus que les autres ressources énergétiques, les gisements de charbon n'ont fait l'objet d'une reconnaissance suffisante et eu égard au renchérissement des combustibles de rechange au cours des dix dernières années, on croit généralement que les estimations actuelles sont par trop prudentes.

15. En revanche, la création d'une industrie du charbon, ou son expansion, constituent, comme de nombreux pays ont dû l'apprendre, une opération compliquée dont la réussite dépend de la planification méticuleuse des moyens de production et de transport nécessaires pour assurer l'approvisionnement régulier des industries consommatrices. Les investisseurs étrangers ne s'intéressent guère au charbon, si bien que le gros des fonds qu'exigent la mise en exploitation de nouvelles mines et l'expansion d'anciennes doit provenir de sources nationales et, dans la pratique, essentiellement publiques. Le transport du charbon coûte plus cher que celui du pétrole et sa manutention est plus difficile et plus polluante, ce qui réduit considérablement l'avantage comparatif dû au prix. Le facteur transport est particulièrement important pour le charbon importé. Calculé par tonne-kilomètre, le transport maritime n'est pas coûteux, mais les frais de transport intérieur sont bien plus élevés, ce qui limite dans la pratique l'emploi du charbon aux régions côtières ou aux zones intérieures particulièrement bien desservies par le chemin de fer. Ces problèmes, dont aucun n'est en soi insurmontable, constituent ensemble un ensemble impressionnant de contraintes que seul un engagement ferme des producteurs, transporteurs et consommateurs permet de vaincre.

16. Le secteur industriel offre au charbon des possibilités d'utilisation assez larges. Le charbon peut se substituer au pétrole presque partout où celui-ci est utilisé, mais il faut pour cela aménager les installations existantes. Le charbon a souvent remplacé le pétrole dans les cimenteries où les dépenses d'énergie constituent une forte proportion des coûts totaux. Par ailleurs, l'industrie sidérurgique ne tend plus à utiliser le pétrole dans les hauts fourneaux à la place des combustibles solides. Il existe aussi certaines possibilités d'exploiter de petits gisements de charbon pour approvisionner de petites entreprises locales, ce qui évite à celles-ci de supporter des frais de transport élevés. Parmi ces entreprises, il pourrait y avoir des briqueteries, des boulangeries, des restaurants, etc. Dans certains cas, le charbon pourrait remplacer le bois et non le pétrole, ce qui serait aussi avantageux.

Autres ressources d'hydrocarbures

17. La tourbe et la lignite ressemblent au charbon dans ce sens qu'elles peuvent être utilisées soit à grande échelle par de grands établissements industriels modernes et efficaces soit au niveau du petit artisanat. La tourbe et la lignite ont avec le charbon de nombreux inconvénients communs, leur technologie est en outre moins bien développée et les effets de leur exploitation sur l'environnement sont moins bien connus. Ces effets sont particulièrement critiques dans le cas de la tourbe, matériau à forte teneur en eau, dont l'extraction ou l'exploitation massives peuvent entraîner des changements importants au niveau du réseau hydrographique local. Mais la tourbe constitue la seule source d'énergie de certains pays, comme le Burundi, et doit dans ces conditions être considérée comme un combustible de remplacement éventuel. La transformation in situ de la tourbe pour produire de l'énergie est un domaine d'étude et d'expérimentation intéressant.

B. LE POTENTIEL DE LA HOUILLE BLANCHE

Ressources hydroélectriques mendiales

18. Parmi les sources d'énergie renouvelables, l'énergie hydroélectrique est la plus riche en promesses. Elle est une source propre, puisque c'est de l'eau coulant d'un niveau plus élevé à un niveau plus bas qui actionne la turbine. D'une manière générale, les installations hydroélectriques fournissent de l'électricité indispensable pour l'industrie et pour le développement économique général. Il s'agit d'une technologie bien au point, mais négligée jusqu'à l'essor récent du prix des combustibles fossiles.

19. Bien qu'il y ait eu, dès la fin du XIXe siècle, de nombreuses petites centrales hydroélectriques en service, le XXe siècle a connu une tendance à la création de centrales de plus en plus grandes. Des exemples typiques sont à cet égard les retenues du Boulder Dam aux Etats-Unis d'Amérique, du barrage d'Assouan en Egypte, du barrage d'Itaipu au Brésil et du barrage de Tarbela au Pakistan. Des ouvrages aussi grands ne réduisent pas seulement la dépendance vis-à-vis des combustibles fossiles mais permettent aussi des économies d'échelle et le maintien à un niveau relativement constant des dépenses d'exploitation. Ils ont des fonctions multiples surtout dans le domaine de l'irrigation et de la lutte contre les inondations. Au moment où ces ouvrages étaient construits, les caractéristiques ci-dessus ont été les principaux facteurs assurant leur compétitivité par rapport aux grandes centrales thermiques consommant des produits dérivés du pétrole qui étaient alors bon marché et faciles à obtenir. Cependant, depuis quelques années, le coût élevé de la construction, les préoccupations relatives à l'environnement et la longueur des délais de planification et de construction, ainsi que les problèmes de financement, ont réduit l'attrait de ces barrages énormes.

20. En revanche, les progrès techniques récemment enregistrés en matière de conception, de construction et de rendement des turbines hydrauliques, ainsi que le renchérissement des combustibles dérivés du pétrole, ont rendu les petites centrales hydroélectriques plus compétitives par rapport aux groupes électrogènes à diesel de puissance comparable. Les petites centrales peuvent être raccordées à un réseau national ou régional ou desservir uniquement un marché local. Même si le coût unitaire par kilowatt de puissance installée est plus élevé, leur financement est souvent plus facile à assurer. Par ces caractéristiques, les petites centrales hydroélectriques présentent un intérêt particulier pour les pays en développement où la mise en place à brève échéance de réseaux d'énergie électrique décentralisés est indispensable pour le développement industriel et économique général.

21. La Conférence mondiale de l'énergie (CME) publie périodiquement une étude des ressources énergétiques mondiales, potentielles et exploitées. En 1974, la Conférence a créé une Commission des économies d'énergie chargée d'évaluer les ressources énergétiques du monde compte tenu de l'essor actuel des prix. Selon les données les plus récentes publiées par cette commission, l'eau fournit actuellement 23 % de l'énergie électrique produite dans le monde. Cette part varie entre 100 % dans certaines zones reculées et une proportion minime dans certains pays riches en pétrole du Moyen-Orient. Elle a fléchi depuis 1960,

lorsque 29 % de l'énergie électrique produite dans le monde était d'origine hydraulique. La contribution des combustibles fossiles à la production d'électricité a été de 71 % en 1960 et de 75 % en 1970. Selon les prévisions de la CME, 30 % des ressources hydroélectriques exploitables auront été mises en valeur en 2020.

22. Le nombre de sites hydrauliques exploités à l'échelle mondiale représente à peu près 16 % des sites dont l'aménagement peut être raisonnablement envisagé des points de vue économique, physique et écologique. On estime toutefois que les sites exploitables ne représentent que 12 % de l'énergie potentielle totale de tous les cours d'eau du monde. Neuf pour cent seulement du potentiel hydroélectrique des pays en développement sont exploités; en Afrique, ce chiffre est de 1,5 %.

23. Il est entendu que les évaluations du potentiel hydroélectrique sont approximatives et généralement divisées des points de vue économique et technique en estimations théoriques et pratiques. Faute de données hydrologiques et topographiques précises, l'évaluation des projets intéressant les ressources en eau ne constitue que des approximations. Il faut actuellement élaborer des méthodes permettant d'évaluer, à l'échelle régionale ou nationale, le potentiel hydrologique des petits bassins et des cours d'eau correspondants.

24. Le consommateur industriel d'énergie électrique ne se préoccupe pas de l'origine de cette énergie sauf dans la mesure où elle conditionne la fiabilité du service, l'offre d'une puissance suffisante et le niveau raisonnable des tarifs. Cela vaut surtout pour le consommateur industriel raccordé à un réseau national, mais, si ce consommateur est établi dans une zone rurale, la source de l'énergie revêt pour lui une importance fondamentale dans la mesure où toute son installation en dépend. Les liens entre industriels et fournisseurs d'énergie électrique doivent donc être développés.

La question d'échelle

25. La taille et les caractéristiques physiques des installations hydroélectriques sont extrêmement variées. En général, les installations d'une puissance inférieure à 100 kW sont appelées microcentrales, celles d'une puissance comprise entre 100 kW et 1 000 kW sont dénommées minicentrales, alors que la puissance des petites centrales se situe entre 1 mW et 25 mW, etc. La hauteur de chute, c'est-à-dire la différence de niveau entre le plan d'eau d'amont et le plan d'eau d'aval, constitue une caractéristique importante. Les aménagements à hauteur de chute inférieure à 20 mètres sont en général installés sur des cours d'eau

larges ou des systèmes d'irrigation, les centrales dont la hauteur de chute est supérieure à 150 mètres se trouvent en général dans des vallées de montagne et disposent en général d'un réservoir quelconque. Certaines de ces centrales sont également équipées d'un système d'accumulation par pompage, c'est-à-dire la puissance inutilisée de l'aménagement sert à pomper l'eau dans un réservoir en vue de son utilisation aux heures de pointe.

26. Dans les zones reculées, situées loin du réseau d'interconnexion mais près de ressources hydrauliques, un consommateur industriel peut estimer que la mise en service d'un groupe électrogène est commode et conforme à son intérêt bien compris. S'il se place dans une perspective plus large, l'exploitation du potentiel hydroélectrique peut cependant lui sembler préférable, même si elle nécessite des analyses, des consultations et des arrangements financiers plus complexes.

Quelques activités en cours dans les pays en développement

27. L'exploitation de la houille blanche se fait dans la plupart des pays en développement sous la tutelle des services locaux chargés de la production ou de la distribution de l'énergie électrique. De grands programmes concernant l'exploitation des ressources hydroélectriques par des petites centrales et des minicentrales sont en cours au Pérou (Etats-Unis d'Amérique, République fédérale d'Allemagne), en Equateur (Etats-Unis d'Amérique, République fédérale d'Allemagne), aux Philippines (Chine), en Malaisie (Banque mondiale et Banque asiatique de développement) et dans plusieurs autres pays.

28. C'est en République populaire de Chine qu'on peut trouver un bon exemple de coopération entre l'industrie et les services producteurs et distributeurs d'énergie électrique. Avant construit, le plus souvent uniquement à partir de matières premières locales, quelque 90 000 petites centrales ou minicentrales hydroélectriques depuis 1949, de petites entreprises industrielles implantées en milieu rural fabriquent maintenant les éléments de petites centrales hydroélectriques. Le développement d'une industrie très dispersée travaillant pour les petites centrales hydroélectriques a été rendu possible par le grand nombre de ces centrales, le recours aux ressources locales, le manque de devises et l'organisation sociale. Depuis peu, on tente de centraliser à l'échelle nationale la fabrication de matériel destiné à être commercialisé.

L'économie de l'énergie hydroélectrique

29. L'économie de l'énergie hydroélectrique est déterminée par les investissements initiaux importants, la longue durée d'utilisation des ouvrages et les dépenses d'exploitation peu élevées. Quel que soit le taux de charge, les dépenses d'exploitation annuelles totales des équipements hydroélectriques sont pour l'essentiel constantes, l'amortissement des investissements étant le principal élément de coût. Le coût annuel total d'un groupe électrogène à diesel non utilisé par exemple, c'est-à-dire qui ne produit pas d'énergie électrique, ne comprend que l'amortissement des capitaux investis, c'est-à-dire une somme modique par unité de puissance installée. Toutefois, si le groupe électrogène produit de l'électricité, les dépenses d'exploitation annuelles augmentent de manière linéaire avec la consommation de carburant. Le coût à long terme de l'énergie produite à l'aide de moteurs diesel dépend donc essentiellement du prix du gazole.

30. Lorsque l'on veut approvisionner en énergie électrique une entreprise industrielle, il faut envisager une multiplicité de formules possibles dont l'extension du réseau électrique, le recours à un groupe électrogène à diesel et, le cas échéant, l'exploitation de l'énergie hydroélectrique. Dans les zones périphériques d'un pays, l'extension du réseau n'est souvent ni possible ni rentable. Du point de vue économique, le choix entre l'hydroélectricité et le moteur diesel peut être grandement influencé par le coefficient de charge. Si les besoins d'énergie se limitent à quelques heures, la préférence va au groupe électrogène à diesel. S'il faut 24 heures sur 24 assurer l'approvisionnement à puissance constante, l'installation hydroélectrique est optimale.

31. L'investissement initial d'une installation hydroélectrique dépend en général surtout de facteurs propres au site tels que la topographie, le système de stockage, les turbines choisies et les considérations relatives à l'environnement. L'investissement qu'exige une installation diesel en revanche est facile à déterminer. Les projets concernant les sites convenant à l'aménagement de petites centrales hydroélectriques sont donc entachés de certains éléments d'incertitude. Pour établir le devis d'une petite centrale hydroélectrique typique, il faut envoyer sur place des ingénieurs chargés de prendre en compte les multiples facteurs pouvant influencer le prix de revient; alors que le coût d'un groupe électrogène à diesel peut être déterminé à partir du catalogue d'un fabricant.

Evaluation des ressources

32. Pour convenir à l'implantation d'une centrale hydroélectrique, un site doit présenter un ensemble particulier d'avantages physiques : débit annuel ou possibilité de stockage de l'eau et hauteur de chute appréciable. Bien que ces facteurs et leur influence sur le plan et l'économie des petites centrales hydroélectriques soient bien connus, on n'a guère essayé d'aborder dans une optique méthodique l'évaluation des sites convenant à l'implantation de minicentrales ou de petites centrales hydroélectriques. Dans ce domaine, de nouvelles études sont en cours.

Mise au point de projets

a) Evaluations par pays et par région

33. Pour les évaluations, on peut recourir à de nombreuses techniques novatrices récentes. Par exemple, la télédétection et les systèmes d'information géographique sont largement utilisés pour les projets intéressant l'agriculture et les ressources hydrauliques. Quelques évaluations ont été exécutées à l'échelle régionale, mais elles manquent d'homogénéité et ne fournissent souvent pas assez de renseignements pour l'élaboration d'un projet. Il faut mettre au point des méthodes normalisées pour les évaluations nationales, les études de préfaisabilité et les études de faisabilité. Il faut familiariser les divers promoteurs de projets potentiels avec ces concepts méthodologiques qui font appel aux systèmes et aux logiciels de micro-ordinateur les plus récents.

34. Ces enquêtes régionales doivent montrer l'implantation de l'industrie existante et de l'industrie prévue. Le choix judicieux du site des petites centrales hydroélectriques ou l'extension du réseau électrique devraient stimuler le développement industriel des régions disposant de matières premières, d'énergie et de main-d'oeuvre qualifiée.

b) La question de la fabrication de matériel

35. Pour aménager de nombreux sites convenant aux petites centrales hydroélectriques, les pays bien pourvus en ressources hydrauliques ont besoin d'une quantité considérable et variée de matériel électrique et mécanique. La fabrication locale peut permettre d'économiser des devises rares, le coût de l'équipement représentant jusqu'à la moitié de l'investissement initial. Cependant, l'aménagement d'un petit nombre de sites, d'une dizaine par exemple, n'incitera pas l'industrie locale à entreprendre la fabrication de turbines à moins de disposer de débouchés à l'exportation. Ceux-ci supposent l'existence d'un marché voisin et l'absence d'autres fabricants des mêmes articles dans son environnement direct.

36. La fabrication de ce matériel dans des centres régionaux appartenant à et exploités par les milieux industriels nationaux de pays limitrophes serait une solution rationnelle. Les organismes participants partageraient les ventes et, partant, les profits. Le groupe des pays andins, la région de l'ANASE et l'Afrique de l'Est pourraient convenir au lancement de telles activités. De toute évidence, il faudra pour cela conclure des accords de commerce et convenir du partage équitable des investissements et des profits.

c) Le lien économique avec l'industrie

37. L'aménagement de petites centrales hydroélectriques peut offrir des débouchés à l'industrie. La construction de grandes centrales, en revanche, est généralement confiée à des bureaux d'étude étrangers et exige du matériel lourd qui doit être importé. Les possibilités de participation locale à toutes les phases du projet sont d'autant plus grandes que la taille moyenne de la centrale est réduite, ce qui favoriserait l'implantation générale dans les zones rurales de petites centrales hydroélectriques destinées à contribuer au développement de l'industrie rurale.

38. La production d'énergie hydroélectrique permet en outre de raccorder les unités industrielles au réseau public d'électricité des petites localités. Le profil de charge pourrait être ajusté de manière que la consommation de la collectivité serve de complément à la consommation d'énergie industrielle, ce qui augmenterait le coefficient de charge et réduirait le prix du kilowatt-heure. L'optimum serait que l'industrie consomme le maximum d'énergie pendant la nuit, lorsque la consommation des habitations est faible.

d) Logiciel nécessaire

39. La mise en place d'un programme de petites centrales hydrauliques exige une multiplicité de renseignements et analyses détaillés. Dans un premier temps, au cours de la phase d'évaluation à l'échelle régionale, des données hydrologiques ou géophysiques doivent être recueillies sur place ou obtenues d'organismes internationaux, tels que l'UNESCO ou l'Organisation météorologique mondiale. La NASA peut fournir des données de télédétection dont l'interprétation et l'exploitation exigent cependant du personnel qualifié et du matériel spécialisé.

40. Il est indispensable de mesurer le débit, de préférence sur une base mensuelle ou journalière. Des techniques permettant de calculer le débit à partir d'observations incomplètes ont été élaborées aux Etats-Unis d'Amérique

et en Europe. Le recours aux micro-ordinateurs et à un logiciel adéquat permettrait aux nombreux pays en développement qui ont besoin de meilleures mesures de débit d'utiliser ces techniques spéciales pour évaluer les facteurs de risque et de probabilité.

C. LES POSSIBILITES OFFERTES PAR LA BIOMASSE

Nécessité d'une approche intégrée

41. L'homme utilise la biomasse à des fins énergétiques depuis toujours et continuera encore longtemps à l'utiliser. Les combustibles de la biomasse comme le bois, la paille et la bouse restent les principales sources d'énergie pour des millions d'habitants des campagnes. La biomasse se définit simplement comme l'ensemble des résidus végétaux et animaux pouvant servir à divers besoins énergétiques et alimentaires. Ces résidus comprennent généralement le bois, la paille, la bouse, le fourrage, les déchets solides, des égouts, les plantes aquatiques et toute une série de résidus agricoles et industriels. Pour pouvoir être exploités économiquement, ils doivent être disponibles à bas prix et pouvoir être convertis en une forme d'énergie utile pouvant être oxydée facilement. Cette conversion s'opère par toute une série de procédés, dont la valeur économique dépendra de leur stade de développement technique, de la consommation énergétique interne et du niveau d'investissement en capital.

42. Certains procédés de conversion sont bien connus et pratiqués depuis des millénaires; ainsi, le procédé thermo-chimique de combustion directe et de gazéification et le procédé biochimique de fermentation. Des procédés plus sophistiqués tels que la liquéfaction et la fermentation de matières ligno-cellulosiques en sont encore au stade du développement. Actuellement, cette conversion est possible mais seulement en petites quantités dans un environnement contrôlé au moyen d'une technologie de haut niveau et à un prix élevé. L'application de ces techniques dans les pays en développement, qui constituerait une contribution énergétique importante, reste à définir. Les procédés qui peuvent à l'heure actuelle avoir l'impact le plus grand sont la combustion directe de la biomasse d'origine forestière, la fermentation alcoolique, la digestion anaérobie et la gazéification de toutes sortes de résidus.

43. Pour utiliser efficacement les ressources de la biomasse sans épuiser les ressources naturelles d'une région, il convient de planifier cette utilisation et d'utiliser et de produire judicieusement les matières biologiques. L'utilisation de la biomasse par l'industrie en substitution des combustibles fossiles

doit être surveillée de près pour ne pas épuiser les ressources de la biomasse et éviter d'élever sa valeur économique au point que les personnes qui traditionnellement en dépendent ne soient plus en mesure de se la procurer. Ainsi, si une entreprise industrielle a l'intention d'utiliser du charbon, il faudra procéder à des plantations énergétiques afin de lui assurer un approvisionnement suffisant. Au Brésil, l'industrie sidérurgique utilise le charbon à la place du coke depuis plusieurs années. La culture et le traitement du bois sont aux mains d'intérêts privés qui veillent à conserver et même à développer les ressources. Néanmoins, dans cette situation particulière, la population locale n'utilise pas parallèlement le charbon pour la cuisine, ce qui serait le cas dans certains pays d'Afrique.

44. Pour répondre aux besoins de l'industrie en substituant les ressources de la biomasse aux ressources traditionnelles, il faut adopter une approche intégrée de la culture, de la récolte, de la conversion et de l'utilisation des produits d'alimentation. Afin de rendre possible une telle substitution, des quantités suffisantes de matières doivent être disponibles en permanence sur les lieux d'exploitation. Cela peut nécessiter une coordination entre des parties qui ne collaborent pas normalement, comme les ministères de l'agriculture, des eaux et forêts, des ressources naturelles et ceux de l'énergie, de la planification et de l'industrie. Seule une approche intégrée au plus haut niveau, ayant l'appui du gouvernement, peut permettre d'éviter d'éventuelles catastrophes environnementales et la tension sociale qui pourraient résulter d'un épuisement rapide des ressources de la biomasse.

La base de ressources nécessaire et son développement

45. Les ressources de la biomasse se prêtant le mieux à un usage industriel à l'heure actuelle sont le bois, la bagasse, la canne à sucre, la cassave, les résidus de distillation et, dans une moindre mesure, les engrais et les plantes oléagineuses. Pour que l'énergie de la biomasse puisse véritablement remplacer le pétrole et ses applications industrielles de grande échelle, il faudra pouvoir disposer de grandes quantités de produits d'alimentation. Ces matières pourront provenir d'"exploitations énergicoles" consacrées exclusivement à cet usage. Néanmoins, les coûts de substitution associés à la réduction de la production alimentaire ou de la production destinée à l'exportation doivent être évalués. C'est là qu'intervient la décision politique qui doit être prise au plus haut niveau; en effet, il faut une volonté politique si l'on veut s'engager sur une voie qui favorise l'industrie sans pour autant nuire au développement social.

46. Si l'on veut mettre au point une stratégie pour l'utilisation des ressources de la biomasse dans l'industrie, une étude complète de l'utilisation de l'énergie dans l'industrie et de l'état actuel de la biomasse doit être faite. Cette étude, préalable aux études de faisabilité, doit simplement servir à déterminer quel est le procédé de production-conversion de la biomasse qui mérite de faire l'objet de recherches approfondies. Les besoins énergétiques de l'industrie doivent être satisfaits mais sans nuire à un secteur quelconque de la société.

Niveau de développement des techniques de conversion

47. Les hausses importantes des prix du pétrole de 1973-1974 et de 1979 ont favorisé les recherches sur la culture de la biomasse et le développement de technologies de conversion. De nombreux procédés anciens ont été redécouverts, tels que la gazéification, après des recherches et des épreuves élaborées. Cependant, la mise au point technique de ces procédés traditionnels n'a pas beaucoup avancé, si ce n'est que l'on est parvenu à une meilleure compréhension de la microbiologie, de la digestion anaérobie et de la cinétique des enzymes dans la fermentation alcoolique. Malheureusement, ces recherches n'ont pas encore facilité ou assoupli le fonctionnement des systèmes de combustion ou de gazéification ou des installations produisant du biogaz. Aussi le succès ou l'échec d'un plan énergétique utilisant la biomasse à des fins industrielles reposent-ils sur une appréciation réaliste de ce qui est économiquement et techniquement possible. La recherche et le développement doivent être encouragés et si une entreprise industrielle souhaite prendre des mesures immédiates pour réduire sa consommation de combustibles fossiles et leur substituer un combustible de la biomasse, il lui faudra avoir recours à une technologie dont la valeur a été démontrée.

48. Les procédés sophistiqués tels que l'élévation à haute température, la liquéfaction à une pression élevée, la fermentation de matières limo-cellulosiques et la pyrolyse pure ne seront peut-être pas au point techniquement et économiquement avant un certain temps. Les pays en développement choisiront peut-être de participer à cet effort de recherche et de développement ou de suivre les progrès réalisés dans d'autres pays.

49. Le système de conversion de l'énergie de la biomasse sera choisi en fonction du type de produit d'alimentation disponible, de la forme de produit énergétique souhaitée, de considérations économiques et des compétences du personnel pouvant en assurer le fonctionnement localement. Ainsi, la meilleure façon de convertir les résidus du bois en énergie thermique est la combustion

directe et la meilleure façon de les convertir en gaz à faible pouvoir énergétique est la gazéification; les résidus organiques liquides peuvent être convertis en méthane par digestion anaérobie; les déchets solides des égouts peuvent servir à la combustion ou bien être transformés en engrais, ou bien encore utilisés comme additifs pour la digestion anaérobie; l'amidon peut être transformé en sucre au moyen d'enzymes pour produire des alcools par fermentation, etc. Ces procédés de base bien connus sont parmi les plus viables. Un historique des recherches portant sur la conversion de la biomasse ferait apparaître que des travaux précoces mettaient en lumière des obstacles techniques qui, à l'heure actuelle, ont été surmontés grâce aux progrès récents de la biotechnologie.

50. Il faut encourager la recherche sur les applications de technologies connues dans un environnement nouveau, ou avec de nouveaux types de produits d'alimentation de la biomasse. Les travaux pourraient être réalisés à titre de démonstration et pourraient éventuellement être financés par des organisations et des organismes industriels donateurs.

Incertitude économique

51. L'incertitude économique liée à l'application de techniques particulières de conversion de l'énergie de la biomasse peut être réduite par une analyse coût-utilité détaillée des projets. Il est particulièrement important de prendre en compte dans une telle analyse tous les coûts, et non pas uniquement les coûts comptables directs. Les coûts de substitution doivent être pris en compte et il pourra s'avérer nécessaire de comparer les prix virtuels pour obtenir une appréciation réaliste. Lorsque l'on cherchera à déterminer le coût de la production et de la conversion de la biomasse, il faudra considérer l'épuisement des ressources et les possibilités d'exportation perdues. Si l'indépendance énergétique et d'autres questions de politique générale sont d'une importance capitale, les coûts peuvent devenir un facteur secondaire.

52. Dans ce souci, il faut mettre au point de meilleures méthodes d'analyse économique. Les techniques traditionnelles étaient conçues pour comparer des choix analogues. Aujourd'hui, nous sommes souvent confrontés au problème d'avoir à comparer des solutions différentes. Ainsi, l'analyse comparative d'un système dont le coût en capital est élevé et les dépenses de fonctionnement faibles avec un système dont le coût en capital est faible mais les dépenses de fonctionnement élevées. L'épuisement des ressources peut se traduire différemment dans les deux cas. Une approche tenant compte du coût du point de vue du cycle biologique pourrait être plus appropriée dans ce cas. C'est pourquoi il faut évaluer clairement et de façon objective tous les coûts et avantages.

Projets de grande envergure concernant la biomasse

53. Peut-être les projets relatifs à la biomasse les plus susceptibles de réussir sont-ils ceux qui ont été mis au point naturellement, grâce à l'initiative locale et sans intervention d'experts extérieurs. On en a pour exemple les digesteurs de biogaz mis au point en République populaire de Chine, et qui ont deux utilisations, à savoir l'évacuation hygiénique des déchets et la production d'énergie. Les raisons de leur mise au point tiennent à la forte densité de population, à l'organisation sociale structurée et au désir d'utiliser l'intégralité des ressources dont on dispose. L'absence de ces facteurs en un lieu où l'on désire implanter un projet de production de biogaz devra donner à réfléchir.

54. On peut construire des systèmes tels que des chaudières à bois et les faire fonctionner sans tenir compte de la situation sociale locale car le personnel qui les fera fonctionner sera formé à la technologie appropriée.

55. L'utilisation de bagasse pour les moulins à canne et d'arbres à croissance rapide aux Philippines dans un projet énergétique rural le montre bien. De même, la réussite technique d'un programme de production d'alcool au Brésil montre ce que l'on peut faire à l'échelle industrielle avec un personnel qualifié. Par contre, la réussite mitigée de programmes réduits de production de biogaz dans de nombreuses parties du monde montre combien il est important de tenir compte des conditions sociales locales lorsque l'on met en place des projets ruraux sur une petite échelle.

56. La réussite la plus importante en matière de biomasse a sans doute été, dans le monde entier, celle de l'industrie forestière. Aux Etats-Unis, par exemple, cette industrie subvient à ses besoins énergétiques pour au moins 50 %. Mais la différence qu'il peut y avoir entre une grande industrie bien établie et des unités de production de biogaz de village est évidente. L'utilisation des produits de la distillation du rhum à la distillerie Bacardi de Porto Rico est également une réussite. L'entreprise subvient entièrement à ses besoins en énergie grâce à la production de méthane au moyen d'un seul grand digesteur de 4,50 m de diamètre. D'autres projets industriels utilisant la biomasse (digesteurs installés dans des pâturages, des porcheries ou des fermes laitières) ont donné de bons résultats.

Planification socialement responsable des ressources de la biomasse

57. L'utilisation industrielle de la biomasse risque de provoquer une catastrophe ou une crise écologique pour les populations rurales défavorisées qui dépendent des ressources locales si les organismes gouvernementaux responsables n'en assurent pas la planification et la coordination. L'industrie dispose évidemment du pouvoir économique qui lui permet d'acquérir les ressources de la biomasse locale, mais à long terme, si ces ressources ne sont pas utilisées pour le bien commun, c'est l'industrie elle-même qui en pâtira.

58. De petites industries dispersées dans les zones rurales pourraient être plus avantageuses que de grandes industries centralisées car les ressources de la biomasse s'épuiseraient alors moins vite. La production centralisée de charbon dans une zone non contrôlée enrichira par exemple quelques petits entrepreneurs mais épuisera peut-être beaucoup d'autres ressources biologiques dans la région, et notamment la faune. Afin de coordonner l'utilisation rationnelle des ressources de la biomasse, il faudrait effectuer des études approfondies de la capacité de production de la terre. De petites industries dispersées oeuvrant ensemble à préserver les ressources de la biomasse constituent l'approche la plus efficace.

Quelques approches pratiques

59. Pour tirer le meilleur parti des ressources de la biomasse, il convient d'adopter une approche intégrant toutes les phases de la production et de l'utilisation de celle-ci. La méthode la plus rationnelle consiste à procéder à des appréciations nationales et régionales de la biomasse, à une évaluation des systèmes de stockage et de production et à un bilan des ressources énergétiques industrielles de façon à adapter les ressources de la biomasse aux besoins en énergie de l'industrie.

60. Les besoins énergétiques de l'industrie sont les suivants : chaleur, travail mécanique, électricité et hydrocarbures. Les industries spécialisées les plus répandues dans les pays en développement sont les brasseries, les cimenteries, les usines de mise en bouteille, les industries de transformation des produits alimentaires, les fabriques d'engrais, les raffineries, les fours à briques, les boulangeries, les industries métallurgiques et toute une série d'activités de construction. Toutes ces industries peuvent avoir des besoins énergétiques divers, dont certains pourraient être satisfaits par les produits d'alimentation de la biomasse. Ainsi, pour le fonctionnement de petites unités thermiques, ou s'agissant de boulangeries et d'usines de produits alimentaires, on pourrait

substituer le bois ou d'autres produits d'alimentation celluloses au gaz naturel. S'agissant d'industries plus importantes, cela devient plus difficile en raison des grandes quantités de biomasse requises et de la thermodynamique du procédé lui-même. Ainsi, il est impossible de remplacer le gaz naturel par n'importe quel produit d'alimentation dans des fours à ciment ou des usines de production d'engrais. En revanche, l'utilisation de fumier pour chauffer des couveuses utilisées pour l'élevage des poulets, de plus en plus répandue en Egypte, est une bonne méthode. Il n'y a pas de formule miracle qui permette de recenser les applications industrielles auxquelles la biomasse se prête parfaitement; il faut procéder pour cela à une analyse technique détaillée.

61. Bien que l'on ait déjà beaucoup écrit sur les sources d'énergie renouvelables, une série de publications sur l'utilisation du biocombustible dans les petites industries spécialisées serait de la plus grande utilité. On ne dispose, par exemple, que de peu de renseignements sur la construction des fours à briques et sur l'emploi des différents combustibles. De même, on ne sait pas exactement comment concevoir correctement des appareils de gazéification avec des produits d'alimentation et des taux de production donnés. Les renseignements pratiques de ce type intéressent cependant les petites industries des pays en développement et l'on doit trouver des moyens de les leur procurer.

D. LA FILIERE SOLAIRE

Quelques applications industrielles de l'énergie solaire

62. L'opinion couramment admise veut que l'énergie solaire ne soit actuellement utilisable qu'en tant que source d'énergie diffuse fournissant de la chaleur en faible quantité pour diverses applications rurales. Cette façon de concevoir l'énergie solaire en limite les usages industriels. Il suffit de donner quelques exemples de son application à diverses opérations industrielles comme énergie d'appoint. On obtient un réchauffage à basse température de l'eau (entre 30 et 70°C) au moyen de simples chauffe-eau à thermosiphon reliés à des capteurs plans, tandis que les capteurs à foyer permettent d'obtenir des températures plus élevées, de l'ordre de 150°C. Cette gamme de températures se prête à de multiples usages industriels : lavage de bouteilles, étuvage, ébullition, etc. Des systèmes plus complexes permettent d'utiliser l'énergie solaire pour la réfrigération et le refroidissement au moyen d'un système réfrigérant à absorption en continu. Des systèmes solaires de distillation, utilisant des distillateurs simples ou des évaporateurs éclair, ont été mis

au point. Il est bien établi que ces méthodes sont économiquement rentables dans les régions arides reculées, à l'écart du réseau électrique et des adductions d'eau. Le séchage solaire est une pratique désormais bien établie pour le séchage des fruits et autres opérations de traitement des produits agricoles. Une meilleure diffusion de l'information technique et économique favoriserait l'utilisation de ces techniques dans les pays en développement.

Nécessité d'installations expérimentales

63. Il conviendrait de mettre en place divers projets pilotes destinés à évaluer la rentabilité des diverses applications industrielles des techniques solaires. On peut citer au rang des projets envisageables le préchauffage du gazole dans les cimenteries, le chauffage de l'eau pour la cuisine, la lessive, l'usage sanitaire, ainsi que la réfrigération solaire pour l'entreposage des denrées périssables dans les zones reculées.

Energie solaire photovoltaïque

64. Les panneaux photovoltaïques fournissent directement du courant électrique à partir du rayonnement solaire; leur entretien est minimal, et la défectuosité d'un élément isolé n'interrompt pas le fonctionnement de l'ensemble du système. A l'inverse de tous les autres systèmes de génération d'électricité, le coût de l'unité d'énergie électrique produite par un système photovoltaïque n'est pas impérativement lié à la capacité installée. Une autre caractéristique importante de ce système est que l'utilisateur ne dépend pas d'agents extérieurs pour l'approvisionnement en combustible ou pour l'entretien. Ces avantages conjugués font que l'énergie solaire photovoltaïque est éminemment adaptée aux besoins des zones reculées, et de ce point de vue peut présenter un grand intérêt pour les pays en développement. La généralisation de son utilisation en dehors des zones isolées dépendra de l'abaissement de son coût, qui pourrait lui permettre de concurrencer les sources d'énergie classiques.

E. AUTRES FILIERES ENERGETIQUES

65. Outre l'énergie solaire et les applications décrites ci-dessus, il existe d'autres sources d'énergie que les pays en développement doivent envisager lorsqu'ils élaborent leurs plans énergétiques. Le nombre de pays susceptibles de recourir à ces solutions est plus réduit, mais il convient toutefois d'accorder à ces dernières toute l'attention requise.

a) Energie géothermique

66. L'énergie géothermique peut s'utiliser directement sous forme de chaleur, ou servir à produire de l'électricité, les deux systèmes autorisant des applications industrielles. Etant donné le coût élevé du forage et des installations, les ressources géothermiques ne sont en général envisagées que pour les grands projets industriels. Environ une douzaine de pays en développement sont actuellement engagés dans l'exploitation de ressources géothermiques, et un nombre équivalent pourraient en faire autant. Tous les pays qui ont la chance d'être dotés de ressources géothermiques devraient s'efforcer de développer cette option en tenant soigneusement compte de ses incidences économiques, écologiques et institutionnelles.

b) Energie éolienne

67. L'énergie éolienne est utilisée depuis fort longtemps pour le pompage de l'eau, la meunerie, et autres usages agricoles. Ces applications en sont restées à une échelle artisanale, et se prêtaient mal à un usage industriel. L'énergie éolienne permet de produire de l'électricité, et de nouvelles techniques sont actuellement à l'étude pour alimenter des générateurs de grande puissance. Ces travaux pourraient déboucher sur l'intégration de générateurs éoliens aux réseaux de distribution électrique. Il faut toutefois reconnaître que l'énergie d'origine éolienne n'est rentable que dans des sites bien déterminés, et exige des vents forts et constants.

c) Energie nucléaire

68. L'énergie nucléaire est une autre option que les pays en développement peuvent envisager pour produire de l'électricité. L'option nucléaire a les caractéristiques suivantes : génération électrique à relativement grande échelle pour l'alimentation d'un réseau; nécessité d'un personnel nombreux, hautement qualifié et bien encadré pour le fonctionnement et la maintenance des installations; nécessité de prévoir soigneusement la sécurité du fonctionnement et la bonne gestion des déchets radioactifs; besoin d'une infrastructure industrielle d'appui. Plusieurs pays en développement ont actuellement des programmes nucléaires, et quelques autres se lancent dans cette industrie à une échelle modeste. On estime communément que l'énergie nucléaire fournira moins de 10 % de l'électricité des pays en développement d'ici l'an 2000.

69. L'énergie de fusion fait l'objet de recherches dans plusieurs pays industrialisés depuis 30 ans. Les perspectives qu'ouvre ce procédé peuvent se résumer ainsi : la recherche énergétique mondiale ne peut pas se permettre d'ignorer la fusion, pas plus qu'elle ne peut se permettre de compter sur ce procédé dans l'élaboration des plans d'avenir.

II. GESTION DE L'ENERGIE A USAGE INDUSTRIEL

A. GESTION

70. La gestion de l'énergie compte depuis de nombreuses années parmi les facteurs clefs de la bonne marche de l'industrie. Depuis quelque temps cependant, les problèmes énergétiques se sont faits plus aigus, aussi l'industrie et les gouvernements leur accordent-ils une attention accrue.

71. La gestion de l'énergie industrielle peut s'envisager selon trois grands axes :

a) Planification nationale de l'énergie à usage industriel

72. La plupart des pays en développement ont entrepris de planifier leur approvisionnement et leur consommation énergétique, en vue de les optimiser à l'échelon national en fonction de leurs ressources naturelles, des priorités assignées aux divers secteurs de consommation, de considérations financières, de leur balance des paiements et de divers autres facteurs. Comme on l'a déjà souligné, le rôle capital de l'industrie dans les problèmes énergétiques fait que la planification énergétique nationale est directement et inextricablement liée à la planification industrielle. La planification énergétique sectorielle est un élément essentiel de la planification énergétique nationale, aussi est-il besoin d'idées et de programmes nouveaux pour assurer le développement de structures industrielles nouvelles, en tenant tout particulièrement compte des disponibilités énergétiques. L'utilisation efficace et maximale des sources d'énergie indigènes est une priorité évidente pour les pays en développement qui veulent élaborer un plan national d'industrialisation.

b) Planification énergétique au niveau de l'usine

73. A ce niveau, il s'agit d'optimiser l'utilisation de l'énergie en s'attachant aux points suivants : mieux définir et maîtriser le bilan énergétique de l'usine; réaliser des économies d'énergie ou utiliser des énergies de substitution; assurer l'entretien préventif du matériel et des accessoires de transformation d'énergie; diversifier les sources d'énergie; optimiser les horaires de fonctionnement, etc.

c) Les moyens d'améliorer la gestion énergétique

74. La gestion de l'énergie par l'industrie doit recourir à des plans et des programmes portant sur les moyens requis pour développer avec succès la production énergétique, en gérer l'utilisation et favoriser l'industrialisation. Parmi ces moyens, il faut citer : les travaux scientifiques et techniques; l'éducation et la formation professionnelle; la création de mécanismes financiers aptes à promouvoir et soutenir l'effort de développement énergétique et industriel; enfin, les structures législatives, matérielles et institutionnelles qui permettront de stimuler et de soutenir la croissance de la production et de la consommation énergétiques, et l'industrialisation.

75. Il est manifeste que tout développement important de la production énergétique et industrielle devra s'appuyer sur un effort scientifique et technologique, et notamment : une base scientifique et technologique nationale pour la recherche-développement dans les domaines liés aux questions énergétiques; une technologie industrielle, y compris la maîtrise des problèmes de génie énergétique relatifs aux procédés et aux produits; des services techniques de soutien aux initiatives industrielles nouvelles; enfin, des systèmes d'information générale au service des activités scientifiques, techniques et industrielles.

76. Il est désormais communément admis que les ressources humaines comptent parmi les facteurs clefs du développement industriel. Les besoins en planificateurs, gestionnaires et techniciens de tous niveaux, capables de résoudre les problèmes liés au développement énergétique et à l'industrialisation sont évidents. Il est tout aussi évident que les premières mesures à prendre sont la mise en route de programmes d'éducation et de formation professionnelle visant à accroître le potentiel humain dans ces domaines. D'ailleurs, de nombreux programmes de ce genre sont déjà en cours. Les besoins en personnel qualifié se ventilent selon les spécialités suivantes :

- Planificateurs et gestionnaires de l'énergie (spécialisés dans la planification, la programmation et la gestion énergétique générale);
- Economistes de l'énergie (spécialisés dans l'économie des échanges d'énergie, le calcul des prix et des coûts, etc.);
- Spécialistes du génie énergétique (formation universitaire);
- Techniciens de l'énergie (formation intermédiaire à diverses tâches spécialisées);

- Conducteurs de machines et ouvriers qualifiés (aptés à fabriquer, conduire ou utiliser un matériel spécialisé, tel que fours à charbon de bois, générateurs de méthane, etc.).

B. CONSERVATION ET SUBSTITUTION

Améliorer les rendements énergétiques

77. L'une des principales conclusions qui se dégage des études récentes sur la consommation énergétique industrielle des pays en développement est qu'il existe de vastes possibilités d'améliorer les rendements énergétiques. Il en est pour preuve les écarts considérables dans la quantité d'énergie utilisée pour la fabrication de produits semblables (fer et acier par exemple) d'un pays à l'autre, et de manière plus significative encore, d'une entreprise à l'autre dans un même pays. Des inspections ponctuelles d'installations industrielles dans plusieurs pays en développement ont fourni des exemples de gaspillage grossier d'énergie.

78. On estime par exemple que dans les industries à forte consommation énergétique (sidérurgie, aluminium par exemple) on peut économiser jusqu'à 10 % de la consommation énergétique totale simplement en améliorant l'état d'entretien des installations ou en introduisant des changements mineurs exigeant des investissements minimes. La rentabilité de ces investissements est considérable, et leur amortissement rapide.

79. On peut réaliser des économies beaucoup plus importantes (jusqu'à 30 %) sur une période un peu plus longue (deux à trois ans, ou moins) en améliorant l'installation existante, en installant des appareils de régulation, et en apportant des modifications simples aux procédés utilisés. A plus long terme, on pourra obtenir des économies d'énergie encore plus grandes grâce à des procédés entièrement nouveaux (par exemple en remplaçant le procédé humide par le procédé à sec dans les cimenteries). Avant même que les prix de l'énergie aient commencé leur escalade, la consommation énergétique par unité de production industrielle avait commencé à baisser du simple fait de l'utilisation de techniques et de matériels nouveaux permettant de réduire les coûts. La hausse du prix de l'énergie n'a fait qu'accélérer ce processus.

Modifier la structure industrielle

80. Les exemples que nous venons de citer ont trait aux possibilités d'utiliser moins d'énergie pour produire les mêmes produits en quantité égale. On peut réaliser d'autres économies d'énergie en modifiant la structure du secteur

industriel de manière à délaissier les activités grandes consommatrices d'énergie, dans l'hypothèse où cette mutation est compatible avec les orientations globales. L'éventail des besoins énergétiques des divers types d'industrie est vaste, et, en théorie au moins, il est possible de réduire la quantité d'énergie absorbée par unité produite en modifiant le dosage des diverses activités qui constituent le secteur industriel.

81. Les importations pétrolières bon marché d'avant 1973 permettaient aux pays ne disposant pas de ressources énergétiques locales abondantes de s'industrialiser, voire de mettre en place une industrie lourde. Le Japon illustre bien cette possibilité du côté des pays industrialisés, tandis que la République de Corée et le Brésil font de même pour les pays en développement. A mesure qu'augmentera le coût de l'énergie importée, les pays dépourvus de ressources énergétiques abondantes auront tendance à délaissier les industries fortes consommatrices d'énergie, tels la chimie, les matières plastiques, la sidérurgie, les cimenteries, la pâte et le papier et l'aluminium, dans leurs stratégies d'orientation industrielle, tant en raison de leur coût que par souci de sécurité. La règle souffre toutefois quelques exceptions : étant donné le coût élevé du transport, il y a de fortes chances que l'on continue à produire du ciment à proximité des marchés de consommation, en dépit du coût énergétique élevé. L'exploitation du gaz naturel dans certains pays peut stimuler la création d'une industrie chimique et de la fabrication d'engrais. La production d'énergie est elle-même la plus forte consommatrice d'énergie de toutes les industries, si bien que la progression de la production locale d'énergie entraînera un accroissement de la consommation énergétique industrielle, même si l'on peut espérer qu'il ne s'agira pas de pétrole, devenu trop rare et trop cher.

82. Pour les industries où le poste énergétique représente une plus faible part des coûts totaux, il est peu vraisemblable que l'énergie exerce une influence déterminante sur les stratégies de développement industriel. En effet, la planification industrielle doit tenir compte de tous les facteurs de production.

Mesures de conservation peu coûteuses et à effet rapide

83. Le principal intérêt de la conservation de l'énergie érigée en politique énergétique industrielle globale tient au fait que la majorité des mesures visant à économiser l'énergie coûtent en général moins cher que la production supplémentaire d'une quantité équivalente d'énergie. En outre, des économies considérables peuvent être réalisées en peu de temps. Les délais par contre sont beaucoup plus longs lorsqu'on choisit d'agir sur l'approvisionnement ou

de réaliser des économies en modifiant la stratégie du secteur industriel ou en adoptant des procédés entièrement nouveaux. L'éventail des possibilités moins draconiennes extrêmement rentables à très court terme est toutefois largement ouvert.

Combustibles de substitution

84. Si les coûts énergétiques globalement élevés incitent à un effort pour économiser tous les types d'énergie, la hausse particulièrement brutale des prix pétroliers donne la priorité aux économies de pétrole, non seulement par les moyens que nous venons d'évoquer, mais encore en lui substituant des formes d'énergie plus abondantes. Cette politique peut même entraîner un accroissement de la consommation énergétique totale, mais tant qu'elle s'accompagne d'une réduction du coût global de l'énergie, elle se justifiera d'un point de vue économique. Comme nous l'avons vu, la consommation industrielle d'énergie repose essentiellement sur les produits pétroliers et l'électricité, sauf dans les pays exceptionnellement riches en houille ou en gaz. Une solution consiste à privilégier l'usage de l'électricité en particulier dans les pays dotés d'un potentiel hydroélectrique élevé. La mesure dans laquelle l'électricité peut se substituer au pétrole dépend du type et du volume des opérations effectuées au moyen de pétrole dans le secteur industriel : l'électricité ne se prête en effet pas à toutes les opérations industrielles. Une étude récente du secteur industriel du Costa Rica fait apparaître que, techniquement, la moitié de l'énergie absorbée par l'industrie pourrait être de type électrique. Mais pour que la conversion soit rentable, il faudrait que le prix de l'électricité baisse dans des proportions telles que la viabilité financière du secteur de la production électrique en serait compromise.

85. La houille peut remplacer le pétrole dans de très nombreuses opérations industrielles, comme en témoignent les industries indienne et chinoise qui utilisent presque exclusivement le charbon dans leur secteur industriel centralisé. De même, on peut substituer le gaz au pétrole, comme c'est le cas au Mexique. Certaines industries, en particulier dans les zones rurales, peuvent utiliser le bois ou le charbon de bois, mais les problèmes écologiques qui en découlent pourront devenir extrêmement graves si l'on ne prend pas le soin de sauvegarder les ressources forestières. Le chauffage ou le préchauffage solaire de l'eau et du gazole permettent des économies pétrolières notables, et semblent actuellement financièrement rentables.

Motivations économiques

86. La réussite de l'opération visant à économiser l'énergie en général, et le pétrole en particulier, dépend d'un certain nombre de facteurs. Le plus fondamental est sans doute l'incitation financière aux économies d'énergie.

87. Le renchérissement du pétrole brut qui s'est produit au cours des dix dernières années a déterminé la forte hausse du prix des produits pétroliers qu'utilise l'industrie. Il faut ici faire plusieurs remarques : premièrement, la hausse des prix des combustibles industriels a été plus rapide que la hausse des prix des produits pétroliers utilisés par d'autres secteurs - le secteur domestique, pour lequel on s'est efforcé de maintenir les prix au plus bas par des subventions, et le secteur des transports où le lourd prélèvement fiscal amortit quelque peu les répercussions des variations du prix du brut sur les prix à la consommation. C'est donc le secteur industriel qui devrait être le plus motivé pour économiser l'énergie.

88. Deuxièmement, l'évolution des prix a varié considérablement selon les pays. On peut distinguer trois groupes dans les pays en développement - ceux qui importent intégralement leurs fournitures pétrolières; les pays producteurs qui continuent d'importer une partie de leur consommation; enfin, les exportateurs nets. Dans le premier groupe, la hausse des prix pétroliers a en général été intégralement répercutée aux consommateurs. Il n'y avait en fait guère d'autre solution qui ne mette en péril le budget de ces pays. Les pays de ce groupe n'ont sans doute pas bénéficié de la baisse récente des prix pétroliers en raison de la hausse du dollar des Etats-Unis qui a plus que contrebalancé la baisse pétrolière et s'est traduite par une progression constante, en monnaie locale, du coût du pétrole importé.

89. Les producteurs-importateurs ont en général maintenu le prix du pétrole d'origine locale à un niveau assez bas pendant quelques années après 1973, aussi dans ces pays le prix moyen des produits pétroliers, importations comprises, restait-il inférieur au prix moyen pratiqué dans les pays importateurs, et à la moyenne des prix mondiaux. Les exportateurs nets ont en général conservé des prix bien inférieurs à la moyenne internationale, malgré un rapide ajustement à la hausse ces dernières années.

90. L'évolution du prix des autres combustibles utilisés par le secteur industriel est moins bien connue. Malgré l'augmentation récente des tarifs électriques, le coût de l'électricité est probablement resté constant, ou a même baissé en termes réels depuis 10 à 15 ans. Les prix du charbon et du gaz utilisés par l'industrie ont probablement suivi la même tendance. Les pays qui

sont contraints d'importer la totalité de leurs combustibles industriels - en pratique leur pétrole - sont donc beaucoup plus motivés pour économiser l'énergie que les autres pays.

Les obstacles aux économies d'énergie

91. Si le prix élevé de l'énergie est une condition essentielle pour motiver des économies, il n'est cependant pas toujours suffisant pour permettre de parvenir rapidement aux objectifs souhaités. Des études récentes des économies possibles et des progrès obtenus dans certains pays font apparaître que même lorsque les prix sont élevés, il subsiste plusieurs obstacles à la pratique effective d'économies. Ainsi, le stimulant découlant du renchérissement de l'énergie peut être annulé, voire inversé, par le prix du matériel à haut rendement énergétique lorsqu'il est frappé de lourdes taxes à l'importation, ou lorsque le financement des installations entraîne le paiement d'intérêts élevés. En matière d'économies d'énergie comme en matière de gestion et de conduite des affaires publiques, il est essentiel d'être cohérent. Les pouvoirs publics connaissent en général mal les questions ayant trait aux utilisations de l'énergie et aux moyens techniques permettant de faire des économies. Même lorsque les connaissances existent, il arrive que les responsables de l'industrie n'accordent qu'une faible priorité aux économies d'énergie en raison du nombre de problèmes techniques plus importants et de l'insuffisance numérique du personnel capable de les résoudre. Le rang de priorité sera dans une certaine mesure directement proportionnel à la part des coûts énergétiques dans le total des coûts de production. Nous avons noté plus haut que dans quelques industries, les dépenses énergétiques entrent pour une large part dans le coût total, cette part pouvant atteindre entre 20 et 30 %. Ces industries-là ont donc de bonnes raisons de chercher à réduire leur consommation énergétique. Pour beaucoup d'autres par contre, les dépenses énergétiques n'atteignent que 3 à 5 % du coût total de la production. Dans ces conditions, les responsables pourront juger qu'une main-d'oeuvre qualifiée trop rare et les talents des gestionnaires sont plus utiles du point de vue de l'économie d'ensemble des opérations, dans d'autres domaines.

92. Il faut compter au nombre des incitations négatives allant à l'encontre des économies d'énergie la situation privilégiée dont jouissent beaucoup de ces industries sur le marché. En l'absence de concurrents, il est assurément facile de répercuter le surcoût d'une énergie chère, particulièrement si elle n'a qu'une faible part dans la composition du prix total à la consommation. Ces obstacles sont sérieux et expliquent peut-être en grande partie la timidité relative des mesures prises pour réagir à la hausse des prix pétroliers.

L'intérêt économique des substitutions

93. Le prix des différentes sources d'énergie est important si l'on doit trouver une énergie de substitution au pétrole. D'une manière générale, le coût moins élevé du charbon et du gaz naturel provient pour une large part du fait qu'il s'agit d'une production nationale et que les possibilités d'exportation sont limitées. L'électricité utilisée pour le chauffage coûte normalement au consommateur plus cher que le pétrole, ce qui, ajouté aux problèmes techniques, limite ses possibilités d'utilisation en tant qu'énergie de remplacement du pétrole.

94. Bien que les écarts de prix existant entre le pétrole et d'autres combustibles donnent à penser qu'il y a de nombreuses possibilités de substitution, d'autres facteurs autres que les prix peuvent avoir des effets négatifs. Le coût de la modernisation des centrales ou de l'installation de nouveaux équipements peut, notamment en raison des taux d'intérêt élevés, annuler les économies permises par l'utilisation de combustibles moins coûteux. De plus, les incertitudes qui pèsent sur les possibilités d'approvisionnement constituent un problème perpétuel pour les pays en développement. Par exemple, dans le cas de l'Inde, le manque de charbon n'a pas permis de remplacer le pétrole et a même, dans certains cas, occasionné une hausse de la consommation de pétrole.

III. POSSIBILITES D'ACTION ET GRANDS PROBLEMES

Le cadre des politiques économiques et sociales

95. Bien que la planification énergétique ait beaucoup attiré l'attention au cours des dernières années, il faut reconnaître que l'énergie n'est pas une fin en soi mais un moyen permettant d'atteindre des objectifs économiques et sociaux plus ambitieux. Il faut donc subordonner la politique en matière énergétique à la planification générale du développement, tout en étant conscients du fait que l'évolution de la situation dans le domaine des sources d'énergie peut gêner la définition d'une politique globale de développement. La politique énergétique doit donc permettre de déterminer quelles sont les mesures à la fois les plus efficaces et les moins coûteuses en termes de développement mais néanmoins compatibles avec les stratégies générales de développement.

96. Dans les années 50 et 60, les buts et les stratégies du développement faisaient l'objet d'une unanimité beaucoup plus grande qu'à l'heure actuelle. La plupart des pays suivaient une politique d'industrialisation rapide axée sur la substitution des exportations ou des importations, ou bien y aspiraient. Ces politiques s'accompagnaient d'une forte croissance économique mais ont créé dans de nombreux pays une situation économique et sociale préoccupante, caractérisée par exemple par la persistance d'un chômage important, une urbanisation excessive, une agriculture attardée, une coûteuse dépendance à l'égard des importations alimentaires et, après les hausses des prix du pétrole intervenues pendant les années 70, une facture pétrolière beaucoup trop élevée pour les pays en développement importateurs de pétrole. Si les pays exportateurs de pétrole ont bénéficié de la hausse des prix, ils ont également été frappés par la plupart des autres problèmes et ont eux aussi cherché de nouvelles stratégies de développement.

Une politique industrielle appropriée

97. La gamme des stratégies de développement possibles examinées était assez large et était, dans une large mesure, fonction des caractéristiques de chaque pays. Ces stratégies présentaient toutefois certains traits communs tels qu'une priorité plus élevée au développement agricole et la décentralisation des activités industrielles afin de favoriser le développement rural et de lutter contre le déséquilibre né pendant l'industrialisation antérieure. Outre ces considérations d'ordre général, la hausse rapide des prix du pétrole rendait le développement industriel fondé sur une utilisation intensive du pétrole importé beaucoup moins intéressant.

Energie et industrie

98. Cette nouvelle situation aura d'importantes conséquences quant à la quantité, au type et à la forme d'énergie utilisée par l'industrie. Les modifications structurelles que constituent un développement agricole plus important et une industrie à moins grande intensité énergétique pourraient déboucher sur une baisse de l'intensité énergétique de l'économie en général. La consommation totale continuerait à augmenter mais moins rapidement que si de telles mesures n'avaient pas été adoptées. La décentralisation des activités industrielles pourrait s'accompagner, dans les pays où il n'existe pas de systèmes de distribution d'énergie couvrant l'ensemble du territoire, d'une décentralisation des unités de production énergétique. Enfin, le développement de l'agriculture et de l'agro-industrie pourrait se traduire par une utilisation plus importante de sources d'énergie renouvelables, disponibles sur place, telles que le bois et les déchets agricoles.

99. Le lien entre le secteur énergétique et l'industrie est double car si le développement industriel influence très fortement le secteur énergétique, la réciproque est également vraie. La forte hausse des prix du pétrole et de la facture pétrolière réduira l'importance de certaines industries à forte intensité d'énergie. Dans le cas des pays dont l'infrastructure industrielle est déjà suffisamment développée, l'apparition de nouvelles techniques (telles que l'utilisation de combustibles à l'alcool au Brésil) pourrait se traduire par la création de nouvelles industries productrices d'énergie. De même, l'exploitation du gaz naturel pour remplacer le pétrole pourrait entraîner l'apparition de toute une gamme d'activités industrielles utilisant le gaz comme produit d'alimentation.

100. Les liens entre le développement industriel et le secteur énergétique sont si étroits, les moyens financiers et autres nécessaires à la mise en valeur de sources d'énergie si importants, et les délais en jeu si longs qu'il est essentiel de tenir pleinement compte de cette interdépendance lors du processus de planification afin d'harmoniser les activités dans ces deux secteurs.

Les problèmes de politique énergétique

a) La gestion des ressources

101. Les pays en développement sont, à des degrés divers, bien dotés en sources d'énergie renouvelables (hydro-électricité et biomasse). Ces ressources pourraient jouer un rôle fondamental dans l'approvisionnement énergétique de l'industrie. Toutefois, renouvelable veut simplement dire que l'on peut remplacer, et il faut

donc en planifier rationnellement la mise en valeur, notamment en évaluant avec soin l'importance et la qualité des ressources disponibles ainsi que le rythme optimal d'exploitation, compte tenu des coûts environnementaux et sociaux associés et des autres possibilités d'utilisation. Par exemple, une exploitation trop rapide des bois de chauffage par l'industrie pourrait entraîner une déforestation générale qui aurait de graves conséquences sur le ruissellement de surface, la productivité agricole et la fourniture de bois à d'autres utilisateurs (bois pour les classes défavorisées dans les zones urbaines et rurales, bois de construction). Une solution pourrait consister à obliger l'entreprise consommatrice à utiliser son propre bois obtenu dans certaines zones précises.

b) L'équilibre entre les importations et l'utilisation des ressources intérieures

102. La situation apparue au cours des dix dernières années a fait de l'auto-suffisance énergétique une possibilité très intéressante pour les planificateurs énergétiques dans les pays importateurs de pétrole. La forte hausse des prix du pétrole importé implique une réévaluation précise des sources d'énergie disponibles dans le pays afin de déterminer celles dont la mise en valeur pourrait se révéler économique compte tenu de la nouvelle situation. La production intérieure d'énergie s'est déjà légèrement accrue dans les pays en développement et la Banque mondiale prévoit une accélération de cette tendance.

103. Pour les différents pays, le principal problème consiste à déterminer le niveau d'autosuffisance énergétique à atteindre. L'autosuffisance, de même que la possibilité d'utiliser indifféremment plusieurs sortes d'énergies, entraînent un certain coût (subventions et autres mesures d'encouragements aux producteurs) qui augmente en même temps que le degré d'autosuffisance.

104. Pour de nombreux pays importateurs, le choix entre les combustibles importés et les combustibles nationaux peut se ramener, de fait, à un choix entre les combustibles commerciaux (importés) et les sources d'énergie renouvelables (domestiques). Dans ce domaine également, les considérations économiques peuvent fournir certaines indications dans la mesure où l'on tient compte des coûts et des avantages globaux des sources d'énergie renouvelables - y compris les avantages aussi importants que l'emploi d'une main-d'oeuvre sous-utilisée et les économies de devises.

105. Etant donné que la volonté d'auto-suffisance est due à l'inquiétude causée par une facture pétrolière élevée, l'utilisation de ressources pour développer les exportations afin de payer les importations de pétrole pourra constituer

une solution de remplacement ou une mesure complémentaire de l'autosuffisance. Les années 70 ont montré l'extraordinaire capacité d'adaptation économique des pays qui avaient pu accroître leurs revenus d'exportation.

c) Adaptabilité

106. Un approvisionnement diversifié et une souplesse d'utilisation protègent efficacement contre une interruption physique de l'offre ou une hausse brusque et non prévue des prix. Pour cela, il est essentiel de disposer d'un programme équilibré de recherche et développement qui mette l'accent sur l'évaluation et la faisabilité de différentes options en matière d'approvisionnement énergétique au niveau local. La souplesse des utilisateurs industriels peut être obtenue par des installations pouvant utiliser différents combustibles et permettant ainsi de s'adapter aux circonstances.

107. Une telle souplesse d'approvisionnement et d'utilisation suppose un certain coût qui augmente avec le degré de souplesse. La question se pose donc de savoir jusqu'où aller compte tenu de ces coûts. Si le marché peut fournir un début de réponse, la vulnérabilité économique suggère que le degré de flexibilité souhaitable est supérieur à celui choisi spontanément par les différents utilisateurs industriels.

d) L'équilibre entre l'offre et la demande

108. Le pétrole s'est révélé une source d'énergie extrêmement souple d'utilisation, pouvant être utilisé non seulement dans les trois grands secteurs que sont les transports, le logement et l'industrie mais également dans de nombreux procédés industriels. Tant que le pétrole était le principal combustible utilisé par le secteur industriel, il y avait peu de risque de déséquilibre entre l'approvisionnement en énergie et les besoins de ce secteur.

109. Le rôle désormais moins important du pétrole dans l'industrie pourrait créer de tels déséquilibres. En général, les propriétés des différentes sources d'énergie et leurs possibilités d'utilisation dans différents procédés industriels sont bien connues. Dans le cas présent toutefois on ne connaît pas l'importance relative de ces différents procédés. Par exemple, quelle est l'importance de la demande de chauffage basse température qui pourrait être satisfaite par des chauffe-eau solaires ? La réponse à cette question et à d'autres questions similaires variera d'un pays à l'autre, mais il faudrait en avoir une idée approximative si l'on veut que le système d'approvisionnement énergétique réponde avec précision à la demande de l'industrie.

e) Le rôle des économies d'énergie

110. L'industrie offre de nombreuses possibilités d'application rapide de méthodes peu coûteuses qui pourraient permettre de réaliser de très importantes économies d'énergie. L'introduction de nouveaux procédés et de nouveaux équipements offrira à moyen et à long terme des possibilités encore plus grandes dans ce domaine.

111. Il est important de savoir dans quelle mesure les gouvernements nationaux et locaux devraient encourager l'industrie par des mesures d'incitation, la fourniture de services et de nombreux autres types de mesures à réaliser des économies d'énergie.

112. On peut envisager d'appliquer dans les pays en développement les techniques d'économie d'énergie actuellement utilisées dans les pays industrialisés. Il faut toutefois pour cela tenir compte de certains facteurs tels que la taille des opérations et la nature des procédés technologiques mis en jeu.

f) Politique énergétique et politique industrielle

113. Il faudrait étudier les conséquences de l'utilisation de nouveaux types d'énergie sur l'implantation et le type de développement industriel. Dans de nombreux pays en développement, notamment dans ceux qui en sont aux premiers stades du développement, l'activité industrielle tend à être centralisée et à être circonscrite à certaines régions en raison de la faiblesse de l'infrastructure, y compris du manque de centrales énergétiques. L'utilisation de nouvelles formes d'énergie, dont la production peut être décentralisée, pourrait permettre de décentraliser également l'industrie et de favoriser ainsi un développement régional plus équilibré. Toutefois, l'insuffisance de l'infrastructure annexe (par exemple le réseau routier) peut limiter cette possibilité. Il faudrait également noter que les énergies renouvelables ne sont pas les seules à permettre la décentralisation de la production énergétique. Un réseau électrique très étendu et un système routier/ferroviaire satisfaisant qui autorise le transport de l'énergie sur de longues distances peut également favoriser la décentralisation industrielle.

114. La promotion d'une industrie mieux adaptée, tant par le type que par la taille, à ces nouvelles sources d'énergie procède de la même idée. Par exemple, la biomasse est par nature dispersée et doit donc être collectée et concentrée pour pouvoir être utilisée efficacement dans les procédés industriels. Le coût du transport constitue donc une part importante de son coût d'utilisation et limite la taille des installations et donc la taille, et peut-être le type, des industries utilisatrices.

115. Cela soulève d'importants problèmes de politique industrielle tels que le fait de savoir quelles industries offrent les meilleures possibilités de décentralisation, et si le développement de ces industries est suffisamment encouragé (ou n'est pas découragé) par les politiques industrielles existantes.

g) La mise en oeuvre des politiques énergétiques

116. Jusqu'ici, nous nous sommes limités aux objectifs des politiques à mettre en oeuvre et aux décisions à prendre. Or, les moyens d'application de ces politiques, y compris la compatibilité de la mise en valeur des sources d'énergie intérieure, de la promotion des économies d'énergie et de l'orientation de la politique industrielle, sont tout aussi importants.

117. Les gouvernements disposent de plusieurs instruments pour influencer l'offre et la demande d'énergie. Ils peuvent augmenter ou baisser les prix de certaines formes d'énergie en les taxant ou en les subventionnant : l'application de taxes, c'est-à-dire une hausse des prix, découragera la consommation et encouragera la production alors que des subventions auront des effets contraires et sont donc incompatibles avec la réalisation des objectifs d'économie d'énergie et de développement de l'offre. Certaines subventions, pour la production de kérosène ou l'électrification rurale par exemple, ont toutefois des objectifs sociaux et économiques plus larges, qui peuvent dans l'esprit des décideurs, plus que contrebalancer leurs effets pervers sur le secteur énergétique. Il faut cependant être conscient du fait que ces subventions découragent fortement la mise en valeur de sources d'énergie renouvelables. La plupart des combustibles utilisés par l'industrie ne sont pas taxés, ou ne le sont que modérément.

118. Bien qu'élevés, les prix actuels de l'énergie ne sont pas suffisamment dissuasifs pour permettre d'atteindre les objectifs de la politique énergétique, notamment en raison du manque d'informations, de la formation insuffisante, du manque de ressources financières, du contrôle des prix exercés sur d'autres marchés, et de la complexité et donc du coût encore plus élevé de la création de nouvelles activités. Les gouvernements devront donc intervenir pour surmonter ces obstacles. Il faudrait également décider qui se chargera de la mise en valeur des nouvelles sources d'énergie, financera et planifiera les mécanismes de coordination, notamment en raison des conséquences de ces décisions sur le développement.

119. La politique énergétique doit également permettre le développement progressif du secteur énergétique. Les différentes options décrites ci-dessus prendront un certain temps à se concrétiser. On peut réaliser d'importantes économies d'énergie à court et à moyen terme (jusqu'à cinq ans) et, dans un même délai, commencer le processus de substitution énergétique, alors que la véritable mise en valeur de nouvelles énergies prendra normalement plus de temps.

IV. PROGRAMMES A ENTREPRENDRE

120. L'intérêt de cette réunion sera fonction en grande partie des programmes à entreprendre qui en découleront. L'objet des suggestions suivantes est simplement de donner des exemples d'initiatives à prendre en matière de programmes et de fournir une base de discussion.

Les pays en développement doivent améliorer leurs méthodes d'élaboration et d'application des politiques énergétiques et industrielles

121. Etant donné que ce sont les pays en développement qui ont le plus d'expérience en la matière, il faudrait envisager des mécanismes permettant de mettre en commun les résultats de cette expérience dans l'intégration des politiques relatives au développement, à l'industrie et à l'énergie. Des réunions techniques, des séminaires et d'autres formules analogues peuvent être utiles.

122. Cette activité portera essentiellement sur le processus d'élaboration des politiques énergétiques et industrielles, notamment en identifiant les principales options, les critères - et leur importance relative - appliqués à la définition des priorités et au choix entre les diverses solutions; les facteurs qui entrent en jeu pour faire comprendre et accepter des politiques nouvelles, et les techniques qui permettent de modifier les politiques en fonction de changements importants dans la situation.

Les décisions en matière de politique énergétique et industrielle exigent une information de base plus sûre

a) Evaluation des bilans énergétiques

123. Si l'on veut disposer d'une base solide pour l'élaboration d'une politique énergétique, il faut évaluer avec précision pays par pays les disponibilités en énergie et, en particulier, sur les ressources renouvelables. Ces études devront être axées sur l'existence et l'exploitation actuelle des ressources de la biomasse et de l'eau, de l'ensoleillement, de divers types de gisements d'hydrocarbures et sur la mesure dans laquelle ces ressources répondent à la demande. Pour obtenir des évaluations précises et détaillées, on pourrait faire appel à un expert dans ce domaine et non procéder à une énumération générale. Ainsi, les ressources de la biomasse seraient évaluées par un ingénieur forestier connaissant les techniques quantitatives, les ressources en eau par un ingénieur des travaux publics ou un hydrologue, les ressources en hydrocarbures par un géologue, et ainsi de suite. Bien souvent, la base de données peut n'être pas disponible sur place et il faudra procéder à une collecte initiale de données.

b) Évaluation du secteur de l'énergie industrielle

124. Outre les diverses considérations d'ordre général, la préparation d'une politique industrielle et énergétique exige une connaissance de la nature, de la qualité et de la quantité de l'énergie nécessaire à des secteurs industriels déterminés. Ces renseignements devraient être réunis et analysés dans le cadre d'une évaluation de la demande d'énergie, y compris les coûts de l'énergie, dans les principales industries. On pourrait, par exemple, étudier les industries extractives et sucrières en Bolivie, le textile en Egypte, le café au Kenya, et ainsi de suite. Les politiques énergétiques et industrielles pourraient ensuite être élaborées en fonction des besoins d'énergie, de la possibilité de remplacer les combustibles et des disponibilités en ressources locales d'énergie.

125. En outre, et étant donné que certaines de ces industries existent également dans les pays industrialisés, il faudrait tirer un enseignement des orientations données par ces pays à leur politique d'énergie industrielle et l'utilisation qu'ils en font, afin de les appliquer éventuellement dans les pays en développement. Les associations professionnelles de l'industrie de chaque pays ou des organismes industriels semblables à l'échelle internationale pourraient constituer l'un des instruments pour effectuer ces évaluations. C'est par l'intermédiaire de ces organismes que l'analyste pourrait obtenir les données et avoir accès à des informations que certains considèrent comme confidentielles.

c) Contrôle des bilans énergétiques à l'usine

126. Les décisions et les mesures prises en matière d'énergie au niveau de l'usine exigent pour être efficaces un contrôle des bilans énergétiques. Ce contrôle consiste à analyser tous les flux d'énergie et de masse à l'entrée et à la sortie de l'usine, ainsi que les flux internes. Les données de coûts pour tous les combustibles font partie de la vérification. On peut ainsi déterminer l'efficacité de la conversion, les coûts associés et les pertes d'énergie. Un tableau complet du bilan énergétique de l'usine ayant été établi, on peut alors définir des stratégies d'amélioration ou énergétiques. Ces stratégies peuvent consister à renforcer l'isolation du matériel thermique, à rationaliser les programmes d'opérations pour réduire les pertes au démarrage, et utiliser des combustibles de remplacement. Une politique comportant des opérations de rattrapage ou de modernisation du matériel ancien nécessitera des analyses de coût-utilité afin de déterminer dans quelle mesure les investissements supplémentaires seront compensés par des économies de coûts énergétiques.

127. Il faudrait par exemple mettre au point des techniques documentées d'analyse par micro-ordinateurs, qui puissent être appliquées facilement aux situations locales. Il faudrait aussi rédiger des manuels sur l'ingénierie générale de procédés spécifiques, appliqués dans les cimenteries par exemple et qui indiquent les moyens d'économiser l'énergie.

Les ressources hydrologiques, excellent moyen de répondre aux besoins croissants en énergie, sont relativement abondantes dans les pays en développement qui n'ont exploité que 9 % de ce potentiel

128. Les pays en développement devraient, dans le cadre d'un programme d'ouverture, se lancer dans des activités qui aboutissent à de fructueux investissements dans des installations hydroélectriques. Ces activités, de nature intégrée et coopérative, porteraient sur les sujets suivants : évaluation de ressources hydrologiques, études et manuels, normes technologiques, ingénierie, formation professionnelle et liens avec l'industrialisation. Les pays en développement dotés d'un potentiel hydraulique devraient prendre des mesures conçues pour obtenir une réponse favorable à leurs demandes d'investissement de capitaux.

129. Dans le cadre de ce grand programme, de nouvelles structures institutionnelles devraient être créées pour :

- le développement et la démonstration de l'énergie hydroélectrique;
- la formation;
- la fixation de normes pour les plans et le matériel.

130. Le Centre régional (Asie et Pacifique) de recherche et de formation, pour les petites installations hydroélectriques, a été créé à Hangzhou (République populaire de Chine) en 1982. Ce centre peut servir de modèle pour des institutions semblables dans d'autres régions.

Les ressources d'énergie de la biomasse sont considérables et largement réparties et avec la mise au point des techniques nécessaires, elles pourraient constituer une source d'énergie importante dans l'industrie dans les pays en développement

131. On recommande par conséquent qu'une action concertée soit entreprise à deux niveaux :

- a) Intensification des programmes de recherche, de développement et de démonstration de l'énergie de la biomasse et l'incidence sur l'industrie dans les pays en développement. Ceci comprendrait des activités aux échelons national et régional;

- b) Echange d'informations et de données d'expérience sur l'exploitation de l'énergie de la biomasse, et utilisation par des réseaux régionaux et internationaux. Ces réseaux, composés des organismes nationaux compétents, faciliteraient la mise en commun des informations et des données d'expérience sur les politiques en matière d'énergie de la biomasse, les enquêtes sur les ressources et les techniques nouvelles.

Les pays en développement qui dotent leurs secteurs énergétiques de biens d'équipement et de services se ménagent des possibilités commerciales et font un pas vers une plus grande indépendance

132. L'exploitation de sources d'énergie dans les pays en développement exigera d'importantes quantités de matériaux et de matériel. Chaque pays doit considérer une décision à ce sujet dans le cadre de sa politique énergétique et industrielle compte tenu de facteurs tels que l'indépendance, la balance des paiements, l'importance du marché et ses capacités.

133. Ainsi, l'expansion prévue de l'hydroélectricité à petite échelle exigera un nouveau matériel électrique et mécanique très important qui pourrait être fabriqué localement. De même, l'expansion de la bioénergie pourrait offrir des possibilités de fabrication industrielle de générateurs de gaz de fermentation et d'autres appareils nécessaires à un réseau énergétique décentralisé, ou favoriser la construction d'installations entièrement nouvelles dans des réseaux énergétiques centralisés.

134. Cette situation du marché incite à la conclusion d'un accord commercial régional entre pays en développement, en vertu duquel chaque pays acquiert une part équitable du marché voisin pour des biens et services déterminés dans le secteur de l'énergie.

La conservation de l'énergie dans l'industrie permet de réaliser des économies considérables à faible coût

135. La gestion de l'énergie industrielle, qui prévoit l'utilisation rationnelle de l'énergie, doit être une caractéristique essentielle de l'industrialisation des pays en développement. La conservation de l'énergie n'est plus perçue comme un signe de pauvreté ou la marque d'une attitude négative; elle est plutôt considérée comme un moyen de produire une quantité supérieure de biens et de services avec une quantité donnée d'énergie et de contribuer ainsi à la croissance économique. Dans de nombreux cas, la conservation de l'énergie peut créer de l'emploi; l'utilisation accrue de l'isolation thermique dans le matériel industriel, par exemple, fournit davantage de travail supplémentaire aux fabricants de matériel d'isolation.

136. On recommande qu'un programme détaillé, intégré et axé sur les résultats soit mis en oeuvre dans le domaine de la conservation d'énergie industrielle sur les plans national et régional. Le programme devrait être détaillé dans la mesure où il comprendrait les secteurs industriels gros consommateurs d'énergie, et la plupart - sinon la totalité - des pays de la région. Le programme devrait être intégré de manière à regrouper tous les éléments essentiels d'une activité effective, incluant notamment l'éducation et la formation de cadres, d'ingénieurs et d'ouvriers; la préparation de manuels; la méthodologie nécessaire pour effectuer les vérifications et les évaluations des bilans d'énergie; l'organisation d'ateliers de travail, de séminaires et de visites d'usines; la création de centres d'information, et les liens entre les organisations et les institutions des pays participants. Le programme devrait être axé sur les résultats afin d'aboutir à un sérieux progrès dans l'utilisation efficace de l'énergie dans l'industrie. A cet égard, la première phase du programme devrait viser à réaliser des économies d'énergie de l'ordre de 10 %, doublé de la mise en place d'un système de contrôles et de rapports permettant de mesurer les progrès.

137. Les pays en développement devraient envisager de créer leur propre organisme de conservation d'énergie dans l'industrie. Cet organisme fournirait des services aux installations industrielles clientes moyennant une redevance. Ces services comprendraient des vérifications de bilans d'énergie et des recommandations de deux types : d'une part, des mesures qui pourraient être immédiatement appliquées représenteraient souvent une économie annuelle d'énergie de 10 %, et d'autre part, des mesures à plus long terme comprenant des investissements liés à des procédés et à un matériel nouveaux. L'organisme fournirait des services qui comprendraient la formation de membres désignés du personnel de l'usine pendant les opérations de conservation. Cette initiative pourrait être prise sur un plan international, régional ou national en donnant la priorité aux secteurs industriels choisis par les pays en développement participants.



