



Programme des Nations Unies pour l'environnement



Distribution
RESTREINTE
UNEP/WG.20/3

15 août 1978

FRANCAIS
Original: ANGLAIS

Réunion PNUD/PNUE d'experts gouvernementaux
chargés d'élaborer un programme de coopération
sur les applications pratiques des sources
renouvelables d'énergie dans la région méditerranéenne

Malte, 9 - 13 octobre 1978

Point 3 de l'ordre du jour provisoire

EXAMEN DE L'ETAT ACTUEL DE LA RECHERCHE ET DES ETUDES SUR LES SOURCES RENOUELABLES D'ENERGIE ET LEURS UTILISATIONS DANS LA REGION MEDITERRANEENNE

Rapport préparé par trois consultants à la demande du PNUD et du PNUE

<u>Table des matières</u>	<u>Paragraphe</u>	<u>Page</u>
I. Introduction	1 - 10	2 - 5
II. Recherches et études en cours sur les sources renouvelables d'énergie et leurs utilisations	11 - 43	5 - 14
A. Mise sur pied d'une mission ayant visité la plupart des pays méditerranéens	11 - 12	
B. Constatations générales de la mission	13	
C. Constatations techniques de la mission se rapportant aux applications pratiques des énergies solaire, éolienne, de la biomasse, géothermique et hydraulique	14 - 43	
III. Résumé	44	14 - 15

I. INTRODUCTION

1. Durant les dernières années, les pays du monde entier se sont mis à évaluer leurs réserves, leurs ressources et leurs potentiels en énergie. Les hausses rapides des prix du pétrole et du gaz et le fait que l'on se soit rendu compte qu'un jour ces ressources risquent d'être épuisées, ont été à l'origine d'un examen approfondi de tous les moyens de produire et de capter de l'énergie. Ce faisant, toutes les sources possibles d'énergie ont été examinées avec l'idée de déterminer quelle part elles pourraient représenter dans la satisfaction des besoins en énergie actuels et futurs. Bien entendu, les sources conventionnelles d'énergie - le charbon, le pétrole, le gaz naturel - ont été prioritaires car elles sont utilisées quotidiennement dans les secteurs du commerce, de l'industrie, des transports et domestiques et parce que l'infrastructure de distribution leur est adaptée. L'hydro-électricité est la principale source renouvelable d'énergie couramment utilisée et des efforts continuent d'être consentis pour agrandir les installations existantes et pour rendre productives des ressources hydrauliques jusque-là non-exploitées. Un certain nombre de pays s'efforcent également de promouvoir l'utilisation de l'énergie nucléaire. En outre, dans plusieurs régions, l'énergie géothermique a été captée et est utilisée. Quant aux autres principales sources renouvelables d'énergie - le soleil, le vent et la biomasse (bois, matière organique, déchets, etc.) - elles ont également fait l'objet d'une attention croissante de la part de nombreux Gouvernements.

2. Il est difficile de chiffrer avec exactitude les montants qui sont actuellement alloués à la recherche, au développement, à la démonstration et aux applications dans le domaine des sources renouvelables d'énergie, mais une estimation très approximative récente indiquerait qu'environ un milliard de dollars y a été consacré dans l'ensemble du monde en 1977. Ce chiffre représente une amplification considérable des efforts par rapport à la situation existant il y a cinq ans.

3. Les pays de la région méditerranéenne se sont grandement intéressés aux diverses sources renouvelables d'énergie: la plupart ont des programmes de recherche, élargissent le cadre de leurs activités, intègrent la perspective des sources renouvelables d'énergie dans leurs propres prévisions des besoins énergétiques, etc. La commercialisation et l'industrialisation des techniques propres à l'utilisation des sources renouvelables d'énergie, bien qu'encore dans une phase primaire, se sont retrouvées à l'avant-scène durant ces dernières années, et il n'est plus suspect de considérer qu'un jour les sources renouvelables d'énergie pourraient couvrir une fraction significative des besoins énergétiques d'un pays.

4. On a pensé qu'il pourrait être utile de dresser une liste de quelques-unes parmi les plus évidentes des applications potentielles des sources renouvelables d'énergie qui pourraient un jour contribuer à la couverture des besoins énergétiques dans la région méditerranéenne. On doit souligner que cette liste n'est en aucune façon exhaustive et qu'elle a été dressée essentiellement dans un but d'illustration.

<u>Sources d'énergie</u>	<u>Type de conversion</u>	<u>Qualité du produit</u>	<u>Exemples d'application</u>
Solaire	- thermique	- températures de bas niveau	- chauffage de l'eau - chauffage des locaux - chauffage de serres - déshydratation et séchage - pompage - dessalement et distillation
		- températures de niveau moyen	- chaleur industrielle - réfrigération - conditionnement de l'air - cuisson solaire
		- températures de niveau élevé	- chaleur industrielle - production électrique
	- thermique en mécanique	- énergie mécanique	- pompage - production électrique
	- Photovoltaïque	- électricité	- télécommunications - éclairage - pompage
Vent	- arbre de transmission	- énergie mécanique	- pompage - fonctionnement des machines (monture, etc.) - production électrique
Biomasse	- combustion	- températures de bas à moyen niveau	- chauffage des locaux - cuisson - production électrique
	- décomposition	- gaz de haute valeur énergétique	- éclairage - cuisson - petites industries
	- pyrolyse	- gaz ou liquide de haute valeur énergétique	- éclairage - applications industrielles - production électrique
	- fermentation	- combustible liquide	- moteurs à combustion interne
Hydraulique	- arbre de transmission	- électricité	
Géothermie	- aucune	- températures de haut à bas niveau	- chauffage à distance
	- arbre de transmission	- électricité	

5. Il faut insister sur le fait que bien des technologies couramment utilisées pour extraire, convertir, transporter et utiliser l'énergie ainsi que les systèmes développés durant les dernières années ont été conçus à l'origine pour l'utilisation des combustibles fossiles et nucléaires. Ces technologies ont influé sur la conception des systèmes utilisant les sources renouvelables et ont parfois conduit à la conclusion erronée selon laquelle les sources renouvelables d'énergie peuvent se substituer directement aux combustibles conventionnels. Il est donc nécessaire de concevoir les systèmes utilisant les sources renouvelables d'énergie de façon telle qu'ils conviennent à la nature spécifique de ces formes d'énergie.

6. Il semble que les efforts de recherche et de développement concernant de nouveaux types de réacteurs à fission ou à fusion, ou dans d'autres domaines, pourront un jour fournir une solution d'innovation pour une production centralisée d'énergie. Les Gouvernements auront alors à décider du type de système énergétique que leurs pays devront adopter, à savoir: un système toujours plus centralisé fondé principalement sur une source unique d'énergie associée à un vaste réseau de distribution ou bien alors un système décentralisé fondé sur des sources d'énergie petites et dispersées afin de mieux utiliser les ressources énergétiques (pertes de distribution et de conversion multiples) et d'assurer une moindre vulnérabilité d'approvisionnement et d'exploitation. Les Gouvernements auront à considérer cette question non seulement sous l'angle de la sécurité de l'approvisionnement individuel mais aussi sous celui de la balance commerciale, de la politique étrangère, etc. Il ne fait aucun doute que les décisions qui seront prises influenceront sur les décennies à venir.

7. Il faut se rappeler que, si les techniques relatives aux sources renouvelables d'énergie doivent jouer un rôle d'ici à la fin de ce siècle, il faut plusieurs décennies de plus pour que l'infrastructure soit mise en place pour couvrir des besoins énergétiques avec des moyens de production de mise en vente sur le marché, d'entretien et de réparation tout-à-fait opérationnels. On ne peut donc opter, de façon instantanée, pour un système utilisant les sources renouvelables d'énergie et s'attendre à les voir entrer techniquement, économiquement et même socialement en compétition avec des systèmes conventionnels bien en place. Ces derniers ont passé le test du temps et font, que ce soit pour le meilleur ou pour le pire, partie intégrante des caractéristiques économiques des pays industrialisés. Néanmoins, il semble qu'une des premières tentatives qui pourrait s'avérer utile serait de développer des systèmes combinés simples et bon marché qui associeraient les caractéristiques intéressantes de plusieurs sources renouvelables d'énergie, s'adresseraient spécifiquement à la couverture de divers besoins et seraient finalement combinés à des moyens appropriés de stockage de l'énergie.

8. Il faut toutefois souligner avec force que les sources renouvelables d'énergie peuvent représenter, pour les pays moins développés sur le plan économique, une alternative aux systèmes énergétiques centralisés bien plus facilement et plus immédiatement viable que dans les pays industrialisés. En effet, la marge de choix de ces derniers quant à leurs systèmes énergétiques futurs est limitée principalement par des équipements déjà en place mais non encore amortis (tels que, par exemple, les réseaux de distribution à

haute tension), par des infrastructures industrielles indigènes, parfois soutenues par l'état, exigeant beaucoup de capitaux et créant des emplois mais produisant des biens d'équipement inutilisables dans des systèmes faisant appel à des sources renouvelables d'énergie (comme, par exemple, de très grands transformateurs), et aussi par le fait que les modes de vie de leurs populations dépendent entièrement de systèmes énergétiques centralisés. Les pays moins développés sur le plan économique, n'étant que dans la phase initiale de la mise en place des infrastructures énergétiques, jouissent par conséquent d'une plus vaste marge de manoeuvre que les pays industrialisés dans le choix de leurs systèmes énergétiques et disposent en particulier d'un plus vaste éventail de politiques d'investissement et de capitaux dans le secteur énergétique.

9. Lors de la redécouverte des sources renouvelables d'énergie et en proposant de développer des applications nouvelles, on devrait mettre l'accent sur la protection de l'environnement en tant que partie intégrante de l'élaboration des systèmes. En outre - et de toute évidence - les sources renouvelables d'énergie doivent, à long terme, être compétitives, au point de vue des coûts, avec les sources conventionnelles d'énergie pour pouvoir jouer un rôle important dans la région méditerranéenne. Actuellement, toutefois, il semble que la plupart des technologies s'appliquant aux sources renouvelables d'énergie requièrent des investissements plus élevés, mais fonctionnent par contre plus économiquement que les systèmes énergétiques conventionnels. Les évaluations financières devraient par conséquent s'effectuer sur l'ensemble de la durée de vie de l'appareillage pour pouvoir permettre une comparaison adéquate.

10. C'est sur cette toile de fond que la plupart des Gouvernements, confrontés avec le problème de l'accroissement démographique, de la demande énergétique, de l'exigence pour de meilleures conditions de vie et pour une meilleure qualité de l'environnement, ont choisi d'associer leurs programmes relatifs aux sources renouvelables d'énergie à des programmes parallèles et complémentaires visant à économiser l'énergie. Toutefois, pour le moment, il semble que la plupart des mesures de conservation de l'énergie prises dans les pays industrialisés se soient avérées plus économiques que le recours aux sources renouvelables d'énergie. Cette situation ne saurait toutefois durer très longtemps car les économies d'énergie exigent des investissements croissants et progressivement rendent les systèmes utilisant les sources renouvelables d'énergie de plus en plus attrayants du point de vue économique.

II. ETUDES ET RECHERCHES EN COURS DANS LA REGION MEDITERRANEENNE SUR LES SOURCES RENEUVELABLES D'ENERGIE ET LEURS UTILISATIONS.

A. Mise sur pied d'une mission ayant visité la plupart des pays méditerranéens.

11. Avant d'entamer un effort de quelconque envergure visant à organiser un programme de coopération entre Etats riverains de la Méditerranée dans le domaine des sources renouvelables d'énergie, il a paru utile au PNUD et au PNUE de mettre sur pied une mission qui s'est rendue brièvement dans la plupart des pays méditerranéens. Cette mission n'avait pas pour objectif de couvrir complètement tous les intérêts et toutes les activités

possibles qui pourraient faire l'objet d'une coopération au niveau régional mais plutôt (a) d'explorer l'intérêt des Gouvernements visités à participer à un programme de coopération sur les applications pratiques des sources renouvelables d'énergie dans la région méditerranéenne; (b) d'avoir des entretiens préliminaires avec les Gouvernements sur l'importance relative qu'ils accordent aux sources renouvelables d'énergie dans les options et les stratégies énergétiques nationales ainsi que sur le rôle potentiel que ces sources d'énergie pourraient jouer dans la satisfaction des besoins domestiques; (c) d'explorer des méthodes et les moyens de mettre en oeuvre un programme de coopération sur une base régionale et de fournir une assistance aux Gouvernements désireux de faire des propositions spécifiques dans ce domaine; (d) de réunir des informations sur les travaux scientifiques et techniques déjà en cours afin de mettre à la disposition de la Réunion des experts gouvernementaux prévue à Malte du 9 au 13 octobre 1978 des éléments sur la base desquels des efforts conjoints pourraient être entrepris au niveau régional; et finalement (e) de préparer les documents de base nécessaire à la Réunion d'experts gouvernementaux de Malte.

12. Durant le premier semestre de 1978, cette mission a brièvement rendu visite à tous les Etats riverains de la Méditerranée à l'exception de l'Albanie et de Monaco. Des consultations ont également eu lieu avec diverses organisations internationales et inter-gouvernementales travaillant dans la région de la Méditerranée.

B. Constatations générales de la mission

13. Les constatations générales de la mission qui pourraient intéresser la Réunion d'experts gouvernementaux sont les suivantes:

- (a) dans tous les pays visités, des activités de recherche et de développement ont été entreprises en ce qui concerne les applications pratiques des sources renouvelables d'énergie;
- (b) tous les Gouvernements des pays visités ont exprimé un vif intérêt pour les sources renouvelables d'énergie et ont semblé leur accorder une importance variable, mais généralement assez grande dans leurs considérations énergétiques à très long terme;
- (c) au moment où la mission s'y trouvait, la plupart des pays visités avaient établi ou étaient sur le point d'établir une forme de structure nationale en vue de promouvoir la recherche ainsi que les efforts de planification consentis au niveau national dans le domaine des sources renouvelables d'énergie. Dans la plupart des cas toutefois, ces structures nationales n'en étaient qu'à un stade opérationnel relativement précoce bien qu'on puisse en espérer des développements ultérieurs très rapides;
- (d) tous les Gouvernements et pratiquement toutes les institutions scientifiques visités ont déclaré qu'au niveau de la région méditerranéenne une coopération internationale étroite était désirable et qu'elle pourrait devenir un instrument fructueux et utile. On a souvent exprimé le sentiment que cette coopération ne devrait pas se limiter aux aspects scientifiques et techniques des sources renouvelables d'énergie mais également embrasser la question plus générale de l'intégration des sources renouvelables d'énergie dans les stratégies énergétiques nationales;

- (e) dans la plupart des pays visités, un réel intérêt a été manifesté au niveau gouvernemental, en faveur de l'échange d'expériences en ce qui concerne l'intégration des sources renouvelables d'énergie dans les stratégies énergétiques ainsi que, de façon plus générale, dans l'élaboration de politiques énergétiques. Cet intérêt semblait résulter d'une certaine perplexité quant à la planification énergétique à long terme au niveau national: tous les pays étaient bien évidemment conscients du potentiel en énergie solaire, parfois très grand, qu'ils possédaient et ont exprimé leur grand intérêt à connaître, par exemple, quels sont les moyens les plus efficaces d'encouragement possibles pour promouvoir les applications des sources renouvelables d'énergie, l'expérience acquise par d'autres pays méditerranéens dans ce domaine et s'il était recommandable de tenter de renverser une tendance centralisatrice en ce qui concerne l'énergie que l'on pensait souvent être irréversible;
- (f) la plupart des Gouvernements ont ajouté qu'ils voyaient un éventuel programme de coopération sur les applications pratiques des sources renouvelables d'énergie comme un domaine idéal renforçant le dialogue Euro-Arabe. On a plusieurs fois exprimé le voeu qu'une coopération fructueuse et couronnée de succès soit réalisée dans ce domaine entre le Monde arabe et les Etats européens riverains de la Méditerranée;
- (g) l'énergie solaire était sans doute la source renouvelable d'énergie la plus prisée. Elle a paru être celle qui est la plus aisément et la plus directement applicable dans la région méditerranéenne. Tous les pays qui ont été visité poursuivaient des travaux de recherche et de développement sur ses applications et il n'a pas semblé qu'il y ait une carence en scientifiques intéressés par les utilisations de l'énergie solaire. Il y a par contre un manque de formation, de moyens de recherche adéquats tels qu'appareillage, bibliothèques, publications scientifiques, etc. et parfois de données appropriées pour concevoir et tester des prototypes. Il faut en outre souligner que, dans la plupart des pays méditerranéens, le prix d'un collecteur solaire de taille familiale permettant le chauffage de l'eau sanitaire représente pour la personne de classe moyenne un investissement de plusieurs mois de salaire;
- (h) selon des estimations très provisoires, on a généralement pensé que l'énergie éolienne ne pourrait probablement jouer qu'un rôle très limité dans la région méditerranéenne prise dans son ensemble bien qu'il existe des régions potentiellement intéressantes dans plusieurs pays. On a souvent considéré qu'il serait utile d'effectuer une évaluation précise du potentiel de l'énergie éolienne ainsi que d'entreprendre des recherches sur les moyens qui permettraient d'élargir le spectre - qui paraît actuellement assez restreint pour des raisons techniques - des applications de l'énergie éolienne;
- (i) seuls quelques pays ont manifesté un intérêt pour l'utilisation de la biomasse à des fins énergétiques et les efforts nationaux de recherche et de développement dans ce domaine ont été généralement décrits comme modestes. Bien qu'important dans certains pays, le potentiel de la biomasse a été considéré comme n'étant pas pratiquement et économiquement exploitable; par ailleurs, son utilisation semblerait parfois provoquer des changements profonds dans les modes de vie socio-économique de certaines populations (nomadisme). De façon générale, les déjections animales ont semblé être utilisées sur place comme engrais et utilisées directement comme combustible pour le chauffage

et la cuisson des aliments, et que, dans des cas exceptionnels, des pays ayant des industries du bois et des exploitations agricoles à grande échelle ou des centres d'élevage ont semblé posséder les potentiels de la biomasse les plus aisément utilisables.

- (j) on n'avait accordé une priorité élevée à l'énergie géothermique que dans les pays possédant des réservoirs géothermiques importants et où, au moins, on avait découvert des signes encourageants d'activité géothermique, généralement lors d'opérations d'exploration pétrolière. Des sources thermales ne représentent pas un phénomène rare dans la région méditerranéenne et plusieurs Gouvernements ont décidé de financer des recherches sur les applications pratiques de ces ressources énergétiques de bas niveau;
- (k) dans plusieurs Etats riverains de la Méditerranée, on a déclaré que le potentiel hydro-électrique était en cours de réévaluation, notamment avec l'idée d'utiliser des installations micro-hydrauliques en vue d'assurer la couverture de besoins très localisés. On examinait aussi un nombre restreint de projets visant à tirer parti de dépressions naturelles pour produire de l'électricité, en les reliant à la mer Méditerranée ou à l'Océan Atlantique;
- (l) jusqu'à présent, les sources renouvelables d'énergie ne semblaient faire partie de la vie quotidienne de la population que dans deux des Etats riverains de la Méditerranée où on a estimé que le recours à l'énergie solaire permettait de couvrir entre un et deux pour cents des besoins indigènes en énergie. Néanmoins, la plupart des pays abritaient des unités de production de quelque nature que ce soit fabriquant des dispositifs permettant de capter les sources renouvelables d'énergie, notamment des collecteurs solaires; mais on les a souvent décrites comme artisanales et fréquemment confrontées à des problèmes de brevets, de taxation, etc. qui, disait-on, les empêchaient de lancer sur le marché des produits compétitifs;
- (m) dans la plupart des pays, on a insisté sur le fait que la conception et la production de composants, et d'éléments de composants, relatifs aux technologies permettant l'utilisation des sources renouvelables d'énergie devraient en tout premier lieu être basées sur l'emploi de matières premières indigènes ou, au moins, sur celui de produits de base aisément disponibles sur le marché local.

C. Constatations techniques de la mission se rapportant aux applications pratiques des énergies solaire, éolienne, de la biomasse, géothermique et hydraulique.

(a) *Energie solaire*

14. Comme il l'a été dit plus haut, des activités de recherches et de développement relatives à l'énergie solaire étaient en cours dans tous les pays méditerranéens visités. Les domaines de recherche les plus fréquemment mentionnés et ceux auxquels le plus d'intérêt semblait être attaché furent:

(i) Le relevé en continu du rayonnement solaire

15. La connaissance du rayonnement solaire et celle des données météorologiques propres à l'utilisation de l'énergie solaire sont une condition préalable à la mise au point et aux essais comparatifs de tout appareil fonctionnant à l'énergie solaire. Ces données apparaissent également primordiales pour une standardisation ainsi que pour un étalonnage approprié des

appareils de mesure. La plupart des pays possédaient plusieurs stations effectuant des relevés en continu du rayonnement solaire, généralement de concert avec les services météorologiques nationaux. Peu de pays avaient mis sur pied des réseaux importants effectuant des relevés en continu du rayonnement direct et diffus et on ne disposait que de peu de mesures régulières, sur une longue période, pour des surfaces verticales ou inclinées.

16. La plupart des institutions ont estimé qu'il ne leur était pas possible de déterminer convenablement la disponibilité ou l'à-propos de données et se trouvaient conséquemment confrontées à de sérieuses difficultés lorsqu'elles voulaient obtenir des mesures utilisables pour la conception et la mise au point de dispositifs fonctionnant à l'énergie solaire. On a indiqué que ces difficultés provenaient surtout d'équipements démodés et très souvent d'un grave manque d'appareils, surtout d'enregistreurs en continu.

(ii) Les collecteurs plans pour le chauffage de l'eau et des locaux

17. Dans tous les pays méditerranéens visités, de nombreuses institutions ont entamé des travaux de recherche et de développement sur les collecteurs plans. Les activités les plus fréquemment indiquées ont été la mise au point d'équipements utilisant des matières premières produites dans le pays même ou aisément disponibles sur les marchés locaux, l'examen et l'étude des concepts les plus adaptés aux conditions locales, les comparaisons technico-économiques entre plusieurs types de collecteurs, et la recherche de surfaces sélectives bon marché et appropriées.

18. Dans la plupart des pays se trouvaient de petites unités de production mettant sur le marché des collecteurs plans. On a déclaré que ces derniers étaient très variables tant en ce qui concerne leur qualité que leurs performances, notamment lors d'essais de durabilité. Dans beaucoup de pays la production de collecteurs plans représentait une activité accessoire d'un atelier ou d'une industrie se consacrant à un autre type de production (industrie automobile, fabrication de boîtes métalliques, etc.). Des unités produisant à grande échelle n'ont été trouvées qu'à Chypre et en Israël (où un quart de million de collecteurs étaient en fonctionnement) mais, même dans ces cas, il n'existait aucune standardisation des normes et des performances.

(iii) Le refroidissement et le conditionnement de l'air

19. Dans la plupart des pays visités, on a insisté sur l'utilisation de l'énergie solaire pour le refroidissement et le conditionnement de l'air en tant que moyen, d'une part, d'économiser de l'électricité et, d'autre part, d'améliorer les conditions de travail, et parfois même de logement, des populations dans des endroits où de telles installations - si elles étaient mues à l'électricité - ne seraient pas construites. Au sud et à l'est du bassin méditerranéen, il a également été souvent question de la réfrigération solaire de produits agricoles et de la nourriture, non seulement en tant que moyen possible de préserver la qualité des denrées alimentaires,

mais aussi, accessoirement, de réduire les pertes provoquées par les rongeurs.

20. Des activités de recherche et de développement étaient en cours dans plusieurs pays mais il a semblé que des contraintes de nature technique empêcheraient toute application à une petite échelle à court et à moyen terme. Quelques grandes installations de réfrigération et de conditionnement de l'air fonctionnant à l'énergie solaire avaient été installées dans des hôtels, magasins à grandes surfaces, écoles et un central téléphonique de l'un des Etats riverains de la Méditerranée et plusieurs autres prévues dans d'autres pays. Les activités dans ce domaine étaient, la plupart du temps, consacrées à la réunion de l'information technique, à l'amélioration de petits prototypes ainsi qu'à des évaluations économiques et techniques des performances.

(iv) Dessalement et distillation par l'énergie solaire

21. Ce type d'utilisation de l'énergie solaire a souvent été mentionné dans bien des pays visités. On lui ~~attacherait~~ importance particulière pour le développement et pour l'amélioration des conditions de vie dans les zones arides et semi-arides. Divers types d'appareils pour le ~~dessalement~~ ~~par l'énergie~~ ~~solaire~~ ont été développés dans plusieurs institutions et quelques-uns fonctionnent. Il convient de prendre note que les institutions ayant acquis de l'expérience dans ce domaine ont fréquemment indiqué que le ~~dessalement~~ au moyen de l'énergie solaire s'avérait techniquement beaucoup plus délicat qu'il ne le ~~semblait~~ au premier abord, qu'il s'agissait d'une technique assez onéreuse et qu'un entretien soigneux et permanent était nécessaire, particulièrement à cause de contaminations microbiennes, si l'eau dessalée était destinée à la consommation humaine.

22. La distillation par l'énergie solaire de l'eau ou d'autres produits n'avait attiré l'attention que d'un nombre limité de pays et on ne la destinait fréquemment qu'à des usages industriels.

(v) Séchage par l'énergie solaire

23. Un vif intérêt a été exprimé par des institutions de beaucoup de pays méditerranéens pour le séchage de fruits, de légumes ou même du bois ou du sable. La tendance générale s'orientait vers les moyens permettant l'accélération et le contrôle du processus de déshydratation afin de mieux préserver la qualité des produits que par une simple exposition au soleil.

(vi) Cellules photovoltaïques

24. Des cellules photovoltaïques sont étudiées et mises au point dans bien des pays méditerranéens. Plusieurs institutions produisaient leurs propres cellules, leur faisaient subir des essais et examinaient fréquemment les possibilités de les produire en grandes quantités en utilisant des matières premières bon marché et aisément disponibles sur place. Plusieurs institutions travaillaient également sur des dispositifs de concentration et de poursuite. Toutes ces activités visaient à réduire les coûts d'investissements par watt produit et à faire de l'électricité solaire une source d'énergie sur laquelle on puisse compter. Plusieurs institutions s'occupaient également de divers types d'applications des cellules photovoltaïques, notamment en vue des télécommunications et de l'éclairage ainsi que pour des travaux mécaniques n'exigeant que peu de puissance comme le pompage solaire.

25. Quelques institutions s'occupaient aussi du sujet apparenté de la photo-électrolyse ainsi que de la question fondamentale du stockage de l'énergie captée durant la journée en vue d'une consommation nocturne.

(vii) Production d'électricité par la voie thermique

26. L'utilisation de l'énergie solaire en vue de la production d'électricité par l'intermédiaire de processus thermodynamiques était à l'étude dans de nombreux pays et allait d'applications à petite échelle jusqu'à des centrales solaires de l'ordre de grandeur MWe. Toutes les installations étaient encore purement expérimentales et non prévues pour entrer dans l'immédiat en compétition avec les moyens conventionnels de production d'électricité. La plupart des travaux étaient orientés vers des améliorations techniques des systèmes, des évaluations technico-économiques des installations ainsi que vers la comparaison de différents types de systèmes. Les travaux sur les installations de stockage ont paru sporadiques.

(viii) Systèmes passifs de chauffage et de refroidissement des bâtiments

27. La plupart des pays méditerranéens ont entrepris des travaux de recherche sur cette importante question. On a souvent estimé qu'une bonne conception des bâtiments et un choix judicieux des matières premières pouvaient permettre des économies d'énergie très substantielles. Les conditions toutefois varient très considérablement d'un endroit à l'autre et s'avèrent être en étroite relation avec les façons traditionnelles de vivre et de construire.

(ix) Autres

28. Plusieurs autres domaines de recherche visant des applications très spécifiques ou des aspects quelque peu inhabituels de l'énergie solaire étaient en cours dans bien des pays méditerranéens. Les quelques exemples suivants pourraient être cités afin d'illustrer la variété des sujets: conception et construction d'une "remorque solaire" pour améliorer les conditions de travail des ouvriers des chantiers routiers, développement d'un four solaire pour sécher les briques, stérilisation au moyen de l'énergie solaire des eaux d'égout, séchage du carton dans une papeterie, production accélérée de sel marin, et ainsi de suite.

(b) Énergie éolienne

(i) Relevés en continu de la direction et de la vitesse du vent

29. La connaissance de la vitesse et de la direction du vent et celle d'autres données météorologiques propres à l'utilisation de l'énergie éolienne sont une condition préalable à la mise au point et aux essais comparatifs de tout appareil fonctionnant à l'énergie éolienne. On a signalé que ces activités n'étaient en cours que dans quelques régions et qu'elles étaient, la plupart du temps, entreprises par des institutions non directement impliquées dans les applications pratiques de l'énergie éolienne (services météorologiques nationaux). Seuls quelques pays possédaient un relevé général de

leurs territoires quant au régime des vents, et la plupart des informations disponibles dans ce domaine se fondaient sur des estimations indirectes provenant de régions où des éoliennes existaient depuis longtemps ou de régions réputées exposées aux vents.

30. Dans la plupart des pays visités, on estime qu'une évaluation générale de leur potentiel en énergie éolienne leur serait utile.

(ii) Pompage de l'eau

31. Le pompage de l'eau au moyen d'éoliennes traditionnelles a souvent été cité comme l'exemple même d'une technique ancienne qui mériterait d'être remise à l'honneur, notamment en vue de nouvelles réalisations dans le domaine des matériaux de construction résultant de l'industrie aéronautique.

32. Il a semblé toutefois que des activités de recherche et de développement concernant le pompage de l'eau au moyen du vent n'étaient en cours que dans un nombre très restreint de pays. Mais la plupart d'entre eux ont estimé que ce type de pompage pourrait aider au développement de régions isolées précises.

(iii) Production d'électricité

33. La plupart des pays ont semblé n'avoir donné qu'une priorité très faible à cette application particulière de l'énergie éolienne. On n'a, par conséquent, rencontré dans les pays visités que des activités de recherche et de développement très limitées.

(iv) Autres applications

34. On a mentionné divers autres types d'utilisation de l'énergie éolienne et quelques-uns d'entre eux étaient étudiés. Parmi ceux-ci, on pourrait citer : la mouture de céréales et d'autres produits similaires, le dessalement et la production d'engrais. Il serait intéressant de noter qu'aucune des institutions visitées ne poursuivaient de travaux sur l'une des plus anciennes applications pratiques de l'énergie éolienne - c'est-à-dire la voile - en tant que moyen direct de propulsion ou en tant que source auxiliaire de puissance.

(c) *Energie de la biomasse*

(i) Evaluation du potentiel de la biomasse

35. Il est apparu que, pratiquement, aucun pays n'avait effectué une évaluation de son potentiel en biomasse utilisable à des fins énergétiques. En outre, peu de pays ont considéré la biomasse comme une source d'énergie importante réellement disponible ou comme un moyen, sur le plan national, de stocker l'énergie. Dans certains cas, comme les fermes collectives, toutefois, on a considéré que cette source d'énergie pourrait jouer un rôle significatif.

(ii) Production de gaz biologique

36. On a manifesté quelque intérêt dans plusieurs pays pour la production de gaz biologique et certaines recherches étaient en cours. Dans la plupart des cas, ces activités étaient de nature purement académique et n'avaient reçu qu'une faible priorité. On a dit que quelques installations à petite échelle prévues pour la démonstration étaient opérationnelles.

(iii) Autres utilisations

37. Plusieurs utilisations particulières de la biomasse furent mentionnées dans les institutions visitées mais il est apparu que quelques unes d'entre elles seulement représentaient de réels sujets de recherche.

(d) Energie géothermique

(i) Chauffage

38. Dans plusieurs des pays visités, on a découvert des réservoirs de chaleur de bas et moyen niveaux, la plupart du temps lors de l'exploration pétrolière ou parfois lors de forages effectués à dessein à proximité de sources thermales. Pour ces quantités parfois très grandes de chaleur ainsi mises à disposition on a généralement pensé aux utilisations usuelles telles que chauffage à distance lorsque le réservoir découvert se situait à proximité d'une ville ou le chauffage de serres lorsqu'il se trouvait en zone rurale. La plupart des travaux de recherche et de développement en cours dans ce domaine étaient consacrés aux problèmes habituellement rencontrés lors de l'utilisation de l'énergie géothermique, c'est-à-dire les pertes intervenant lors du transport par tuyaux, les incrustations, la corrosion des équipements et la ré-injection de l'eau. Quelques villes situées dans les Etats riverains de la Méditerranée sont chauffées à l'énergie géothermique et il a semblé que d'autres pourraient également en faire usage, au moins partiellement, dans le futur. Une situation similaire a été constatée pour ce qui concerne le chauffage de serres.

(ii) Production de l'électricité

39. Trois pays du pourtour méditerranéen ont découvert des réservoirs géothermiques de qualité suffisamment élevée et produisant de la vapeur pour permettre la production d'électricité. En plus des installations industrielles de grandes dimensions situées dans l'un des pays côtiers, plusieurs installations pilotes, de petites dimensions fonctionnaient ou étaient prévues dans les deux autres pays.

(iii) Autres applications

40. Peu d'autres applications de l'énergie géothermique ont été évoquées, notamment l'extraction de certains éléments rares contenus parfois dans les émanations des champs géothermiques.

(e) Hydro-électricité

(i) Hydro-électricité conventionnelle

41. La plupart des pays visités possédant un potentiel hydro-électrique avaient entrepris de le réévaluer par suite de l'accroissement des prix des importations de pétrole et de gaz et de leur incidence sur la balance commerciale. Des complexes hydro-électriques de très grande dimension ont été édifiés dans quelques-uns des pays méditerranéens en vue d'accroître la production électrique et, chose encore plus importante, de découpler la surface des terres irriguées dans des régions semi-désertiques. Des installations à petite échelle (micro-hydro") étaient à l'étude dans plusieurs pays notamment en vue de satisfaire des besoins locaux dans des régions situées en dehors des principaux réseaux de distribution.

(ii) Centrales hélio-hydrauliques

42. Trois des Etats riverains prévoient de relier à la mer des dépressions situées à proximité de la côte et de tirer parti de la différence d'altitude pour produire de l'électricité, le système se maintenant grâce à l'évaporation solaire. Deux de ces projets étaient à un stade avancé de conception.

(f) Autres formes de sources renouvelables d'énergie

43. Très peu d'autres formes de sources renouvelables d'énergie pouvant être d'un intérêt dans la région méditerranéenne étaient à l'étude dans les institutions visitées. La mer Méditerranée n'a pratiquement aucune marée et pas de courants marins pouvant être comparés à ceux dont l'utilisation est étudiée dans d'autres parties du monde. On a néanmoins mentionné, à propos d'un point particulier de la côte méditerranéenne, un fort courant alternant dont l'utilisation était examinée par une institution scientifique. En ce qui concerne l'utilisation des gradients de températures océaniques pour produire de l'électricité, il ne semble pas que la Méditerranée offre de site approprié pour une installation se justifiant techniquement et économiquement. Quelques recherches avaient pour objet l'énergie des vagues et s'adressaient à des utilisations très spécifiques comme la fourniture de courant électrique à des bouées. Il est devenu apparent que la hauteur moyenne des vagues en Méditerranée interdisait leur utilisation générale dans la région à moins qu'une innovation technique n'intervienne.

III. RESUME

44. Les idées qui suivent pourraient être considérées comme résumant la situation générale au moment où la mission a rendu visite à divers Etats riverains de la Méditerranée. On pourrait en outre les considérer comme des éléments très larges pouvant être utilisés lors de l'élaboration d'un programme de coopération sur les applications pratiques des sources renouvelables d'énergie dans la région méditerranéenne. Quelques-uns de ces éléments sont esquissés dans le document UNEP/WG.20/4.

a) tous les pays visités ont insisté sur l'importance des sources renouvelables d'énergie et de leurs applications pratiques. Leur intérêt semblait principalement résulter des considérations économiques et politiques;

b) on s'est généralement accordé pour désirer une coopération au niveau régional dans ce domaine;

c) la mise en oeuvre d'un programme de coopération sur des aspects particuliers des applications pratiques des sources renouvelables d'énergie semblait réalisable compte tenu de l'expertise scientifique et des moyens nationaux existant dans la région Méditerranéenne;

d) comme tous les Gouvernements ont exprimé un vif intérêt tant pour l'intégration des sources renouvelables d'énergie dans les stratégies énergétiques que pour les aspects scientifiques et techniques de leurs utilisations, ces deux grands domaines d'activité devraient former le cadre général dans lequel on pourrait élaborer un programme de coopération;

e) un choix de sujets appropriés devrait être fait parmi les nombreux aspects scientifiques et techniques des applications pratiques des sources renouvelables d'énergie. Diverses utilisations de l'énergie solaire sembleraient pouvoir former un domaine d'études scientifiques et techniques susceptibles d'être l'objet d'une coopération entre tous les Etats riverains de la Méditerranée. Des activités supplémentaires de collaboration pourraient également être entreprises par les pays intéressés en ce qui concerne les utilisations de l'énergie géothermique, de la biomasse et peut-être du vent;

f) il ne manque pas de scientifiques intéressés par, ni de spécialistes en sources renouvelables d'énergie. L'appareillage et les moyens sont par contre sérieusement limités. Un programme de coopération devrait comprendre un élément de formation complète et fournir de l'appareillage supplémentaire aux institutions participantes;

g) la mise en oeuvre pratique d'un tel programme devrait pleinement utiliser les organisations nationales, régionales et internationales qui travaillent déjà dans la région dans un esprit d'étroite collaboration.