



Siege de l'UNESCO
Paris, 5 - 9 juillet 1993

UNESCO Headquarters
Paris, 5 - 9 July 1993

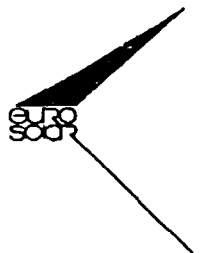
World Solar Summit Sommet solaire mondial

High-level Expert Meeting
Réunion d'experts de haut niveau

SC.93/Conf.003/25
Paris, 30 June 1993
Original : English
French

World Potential of Renewable Energies

*Le potentiel mondial des énergies
renouvelables*



World Potential of Renewable Energies

Le potentiel mondial des énergies renouvelables

Co-ordinator : **Dessus**
Benjamin
CNRS - PIRSEM
France

Co-Authors : **Devin**
Bernard
ADEME
France

Pharabod
François
MTR - CPE
France

The authors are responsible for the choice and the presentation of the facts of this discussion paper submitted to the High-level Expert Meeting of the World Solar Summit, as well as for the opinions which are expressed therein. These do not bind the Organisers of the World Solar Summit. Les auteurs de ce document de discussion soumis à la réunion d'experts de haut niveau du Sommet solaire mondial sont responsables du choix et de la présentation des faits figurant dans leurs contributions, ainsi que des opinions qui y sont exprimées, lesquelles n'engagent pas les organisateurs du *Sommet solaire mondial*.

Sommaire

- I. Introduction
- II. Une approche quantitative régionale des énergies renouvelables
 - II.1 Données de base sur les ressources renouvelables
 - II.2. Estimation des "réserves" annuelles renouvelables
- III. Résultats globaux
 - III.1 Contribution des énergies renouvelables dans le bilan énergétique mondial en 1985
 - III.2 Réserves annuelles d'énergies renouvelables pour les années 90
 - III.2.1 Réserves annuelles renouvelables d'électricité primaire
 - III.2.2 Réserves annuelles d'autres énergies renouvelables
 - III.2.3 Réserves annuelles renouvelables totales
 - III.3 Les réserves annuelles renouvelables en 2020

IV. Impact des énergies renouvelables sur l'environnement

V. Conclusion

Bibliographie

Annexe 1: Le monde en 22 régions

Annexe 2: Potentiel mondial des énergies renouvelables dans les années 90 - Résultats détaillés et commentés pour dix filières et 22 régions.

Annexe 3: Énergies renouvelables et effet de serre

Contents

- I. Introduction
- II. A regional quantitative approach of renewable energies
 - II.1 Annual renewable resources basic data
 - II.2. Annual renewable "reserves" approach
- III. Global results
 - III.1 1985 contribution of renewable in the world energy balance
 - III.2 Proven renewable annual reserves for the nineties
 - III.2.1 Primary electricity annual renewable reserves
 - III.2.2 Other fuels annual renewable reserves
 - III.2.3 Total annual renewable reserves
 - III.3 2020 annual renewable reserves

IV. Renewable energies effects on global environment

V. Conclusion

References

Annex 1: The world in 22 regions

Annex 2: World potential of renewable energies in the nineties - Detailed results and comments on ten renewable technologies for 22 regions.

Annex 3: Renewable energies and greenhouse gas

I. INTRODUCTION

Le rôle que les énergies renouvelables pourraient jouer dans les bilans énergétiques mondiaux et régionaux donne lieu à des évaluations variées et souvent contradictoires dont certaines sont sans limites. Des informations fiables sont pourtant déjà disponibles sur les diverses filières et sur leur coûts (1) (2). Mais comme le développement commercial de ces énergies renouvelables est généralement faible, l'analyse de leur impact potentiel réel à l'échelle régionale ou mondiale est souvent confondue avec des considérations de marketing à court terme.

Pour lever cette difficulté, nous proposons d'effectuer une analyse détaillée par région des quantités d'énergie renouvelables raisonnablement accessibles à un horizon donné. Nous adopterons ainsi une démarche analogue à celle employée pour déduire les «réserves prouvées d'énergie fossile» des «ressources fossiles», elles mêmes définies par des considérations de potentiel physique alors que les réserves prennent en compte les conditions techniques et économiques d'accès.

En dehors du caractère renouvelable des réserves que nous devons garder à l'esprit, le passage de la notion de ressource à celle de réserve pose, pour les énergies renouvelables, un problème particulier pour les deux raisons suivantes: ces ressources sont fluctuantes dans le temps et diluées dans l'espace, sans être facilement stockables ou transportables. Aussi il apparaît qu'en plus des considérations de ressource physique et de conditions technico-économiques, il est nécessaire de tenir compte de la présence de consommateurs (population ou activités) à proximité de la ressource physique pour tirer profit de ces énergies diluées et quelque peu volatiles.

I. INTRODUCTION

The role that renewable energies could play in the world's regional and global energy balances gives rise to varied and often quite different evaluations including almost unbounded ones. Reliable information is still available on the different technologies and their economic costs (1) (2). But, as the commercial development of these renewables is generally very weak, the arguments for postponing their real possible world and regional impact are frequently confused with short term market type considerations.

To overcome that difficulty it is proposed to achieve a comprehensive analysis, region by region, of the actually accessible renewable energies at a given horizon. Then we adopt the same methodology as the one employed to derive «proven fossil energy reserves» from «energy resources» in which resources are defined by quantitative information on physical potential, when reserves take into account technical and economical accessibility.

Apart from the unique renewable character of the reserves that we have to keep in mind, going from «resources» to «reserves» in renewable energy raises specific problems: first these resources are fluctuating with time, second they are diluted in space and not readily storable or transportable. Then it appears that, in addition to physical resources and economic considerations, it is necessary to take into account the presence of populations or activities near enough to be able to benefit of these diluted and somehow volatile energies.

II. UNE APPROCHE QUANTITATIVE REGIONALE DES ENERGIES RENOUVELABLES

Des considérations géographiques, sociales et économiques nous ont conduit à mener cette étude sur un monde en 22 régions relativement homogènes (voir annexe 1).

Nous avons considéré que **10 filières** technologiques principales présentent un intérêt global dans la mesure où:

- elles ont atteint le stade de la démonstration technique et économique (au moins dans des conditions favorables),
- elles sont capables de répondre à des besoins importants dans de nombreuses régions du monde.

Ces dix filières sont les suivantes:

- I - EAU CHAUDE SOLAIRE
- II - ELECTRICITE PHOTOVOLTAIQUE DECENTRALISEE
- III - ELECTRICITE SOLAIRE SUR RESEAU (PV ET THERMO)
- IV - HYDROELECTRICITE
- V - ELECTRICITE EOLIENNE DECENTRALISEE
- VI - ELECTRICITE EOLIENNE SUR RESEAU
- VII - BOIS ENERGIE
- VIII - ENERGIE DES DECHETS URBAINS
- IX - ENERGIE DES DECHETS RURAUX
- X - CULTURES ENERGETIQUES

Il est assez clair que d'autres filières pourraient être prises en compte comme l'énergie des vagues, les éoliennes offshore ou l'énergie des marées. Mais nous avons considéré que la faisabilité industrielle de l'énergie des vagues et des éoliennes offshore n'a pas été démontrée à ce jour, et que l'énergie des marées, bien que démontrée, ne présente pas une ressource suffisante dans le monde.

Il est évident que tout nouveau progrès technologique impliquera une nouvelle évaluation des différentes «réserves» annuelles renouvelables régionales comme c'est le cas pour les énergies fossiles.

II. A REGIONAL QUANTITATIVE APPROACH OF RENEWABLE ENERGIES

Geographical, social and economic considerations led us to share the world in 22 sufficiently homogeneous regions (refer to annex 1).

10 principal technologies have been considered of global interest since:

- they have achieved technical and economical demonstrations (at least in favourable conditions)
- they are presumably able to fit for needs of significative sectors in a number of regions of the world.

These technologies are:

- I - SOLAR WATER HEATING
- II - DECENTRALIZED ELECTRICITY: PHOTOVOLTAIC
- III - GRID CONNECTED SOLAR ELECTRICITY (PV & THERMAL)
- IV - HYDROELECTRICITY
- V - DECENTRALIZED ELECTRICITY: WIND
- VI - GRID CONNECTED WIND ELECTRICITY
- VII - ENERGY FROM WOOD
- VIII - ENERGY FROM URBAN WASTE
- IX - ENERGY FROM RURAL WASTE
- X - BIOMASS ENERGY CROPS

It is quite evident that other technologies should have been considered such as waves, offshore wind or tidal energy ; but we have considered that, for the time being, energy from waves and offshore wind have not been industrially demonstrated and tidal, although demonstrated, is a very pin point resource through the world.

It stands to reason that each new technological development will implicate new classifications and new evaluations of the different estimated regional annual renewable «reserves» as well known for fossil fuels.

Par ailleurs la croissance de la population et du niveau de vie dans les régions considérées aura une influence directe sur les besoins énergétiques; cela implique la possibilité d'une croissance des réserves renouvelables estimées en relation avec les besoins sectoriels.

Il est important de remarquer que les estimations présentées ci-après ne sont ni une étude de marché ni une évaluation définitive de l'ensemble des réserves énergétiques renouvelables dans une perspective à long terme, mais une approche raisonnable du potentiel vraiment accessible des énergies renouvelables dans les années «quatre vingt dix» (1990 - 2000).

Pour ouvrir la perspective on a complété cette approche par une estimation des réserves renouvelables à l'horizon 2020 .

II. 1. Données de base sur les ressources renouvelables

SOLAIRE: carte mondiale du rayonnement global horizontal annuel en kWh/m² publiée par l'International Solar Energy Society (ISES).

HYDROELECTRICITE: l'Enquête sur les Ressources Energétiques de 1989 du Conseil Mondial de l'Energie (CME) donne pour chaque pays la ressource hydroélectrique théorique et une productibilité exploitable définie comme la part de cette ressource accessible dans les conditions techniques et économiques du moment.

VENT: carte mondiale de productibilité de l'énergie éolienne en kWh/kW installé établie par le Département de l'Energie des USA.

BOIS: l'annuaire des productions forestières de la FAO décrit pour chaque pays les types et surfaces de forêts; la productivité annuelle de cinq grandes catégories de forêts a été établie par consultation d'expert (voir annexe 2).

DECHETS: les déchets urbains sont estimés à partir de la connaissance des populations urbai-

Then again the population growth and the GDP increase of the considered regions will obviously have a direct influence on energy needs; this implies the possibility for renewable reserves, directly related to sectorial needs, to grow up with time.

It is important to notice that the estimation presented below is neither a market analysis nor a definitive evaluation of the whole energy reserve accessible in a long term perspective, but a realistic approach of the actually accessible renewables potentials for 1990 - 2000, the «nineties».

This approach is completed by an estimation of the 2020 renewable annual reserve in order to open the perspective.

II. 1. Annual renewable resources basic data

SOLAR: world International Solar Energy Society (ISES) map of yearly global horizontal radiation in kWh/m².

HYDRO: World Energy Conference (WEC) 1989 Survey of Energy Resources (3) which gives for each country the theoretical primary hydroelectric resource and derives of these data a «workable productivity» as the component of this resource which is accessible in present technical and economic conditions.

WIND: USA Department of Energy (DOE) chart wind availability in kWh/kW of settled wind turbines.

WOOD: data from the FAO yearbook of forest products which describes for each country types and areas of forestry, associated with an expert evaluation of the harvestable productivity of five main types of forests (see annex 2).

WASTE: urban waste are estimated from the knowledge of urban population and mean waste

nes et des rejets moyens par habitant en pays industrialisé et en pays en développement; les déchets ruraux sont dérivés des productions agricoles (cheptel, céréales, canne à sucre, etc) de chaque région.

CULTURES ENERGETIQUES: l'annuaire FAO des productions agricoles donne pour chaque pays les types et surfaces de culture.

II. 2. Estimation des «réserves» annuelles renouvelables

Pour chaque filière d'énergie renouvelable, les réserves annuelles régionales sont déduites de l'évaluation de différents paramètres.

Le premier est l'analyse de la compétitivité de chaque filière à partir de coûts d'équipement, d'un taux d'actualisation et de prix de combustibles fossiles donnés. Lorsque cette compétitivité est acquise elle ne vient plus limiter la réserve considérée.

D'autres considérations spécifiques à chaque filière sont énumérées ci-après.

EAU CHAUDE SOLAIRE: productivité locale, rendement, population potentiellement concernée, besoins par habitant dans la région.

ELECTRICITE DECENTRALISEE (Solaire et Vent): productivité locale, rendement, importance des populations «hors réseau», évaluation des besoins minimum par habitant.

ELECTRICITE SUR RESEAU (Solaire et Vent): productivité locale, rendement, consommation électrique régionale actuelle, taux maximum d'énergie fluctuante tolérable sur le réseau.

HYDROELECTRICITE: productibilité exploitable locale, taux maximum d'utilisation actuel lié aux besoins des populations et aux questions écologiques et géographiques.

BOIS: productivité locale, compétition avec le bois matériau et matière première, accessibilité (distance, montagnes). Le bois comprend le bois

per capita annual average quantities recorded in industrialized and developing countries. Rural waste are derived from the recorded annual quantities of cattle, cereal plants, sugar cane and so on, produced in each region.

BIOMASS ENERGY CROPS: data from the FAO yearbook of agricultural products which gives for each country types and areas of agricultural products.

II. 2. Annual renewable «reserves» approach

Regional annual reserves of each renewable technology are derived from the knowledge or the evaluation of different parameters.

The first one is the competitiveness which is assumed for each technology with specified equipment costs, given discount rate, and comparative prices of fossil fuels. In these conditions the competitiveness is no more a limit to the concerned reserve.

Other considerations appear which are specific of each of the technologies.

SOLAR WATER HEATING: local productivity, system efficiency, potentially concerned population, regional needs per capita.

REMOTE ELECTRICITY (Solar and Wind): local productivity, system efficiency, importance of the «off grid population», evaluation of minimum needs per capita.

GRID CONNECTED ELECTRICITY (Solar and Wind): local productivity, efficiency, present regional electricity consumption, maximum tolerable fluctuating energy ratio on the grid.

HYDROELECTRICITY: local «workable productivity», maximum today access ratio related to population needs and ecological and geographical problems.

WOOD: local productivity, competition with raw materials, today accessibility (distance, mountains). Wood includes commercial wood

exploité commercialement ou extrait non commercialement des forêts existantes (les plantations énergétiques en sont exclues et traitées avec les cultures énergétiques).

DECHETS: population concernée, rejets par habitant, compétition avec d'autres usages (recyclage), questions d'environnement.

CULTURES ENERGETIQUES: estimation des surfaces utilisables sans compétition avec la production alimentaire, productivité énergétique régionale des cultures envisagées (forêts, canne à sucre).

Les hypothèses détaillées utilisées dans l'évaluation des réserves annuelles renouvelables de chaque filière sont indiquées dans les fiches jointes en annexe 2.

III. RESULTATS GLOBAUX

Les résultats globaux sont présentés sur les 10 grandes régions de la carte de la figure 1 par regroupement des résultats détaillés établis pour 22 régions dans l'annexe 2.

III. 1. Contribution des énergies renouvelables dans le bilan énergétique mondial en 1985

Le rapport «Horizons Énergétiques Mondiaux 2000 - 2020» (4) publié par le Conseil Mondial de l'Énergie (CME) donne quelques valeurs agrégées de consommation d'énergies renouvelables (hydroélectricité, énergies nouvelles, énergies non commerciales) dans 5 grandes régions: Pays Industrialisés à Économie de Marché, Pays Industrialisés à Planification Centralisée, Pays en Développement à Revenu Intermédiaire, Tiers Monde en Transition et Pays d'Asie à Planification Centralisée.

Nous avons considéré que dans ces données les énergies «non commerciales» comprennent en fait le bois de feu, le bois énergie commercialisé, les cultures énergétiques, les déchets urbains et ruraux, et que les «énergies nouvelles» regroupent l'eau chaude et le chauffage solaire, la géothermie, l'électricité éolienne et solaire.

as well as non commercial fuel wood from existing forests (energy specific plantations excluded, refer to biomass energy crops).

WASTE: concerned population and per capita production, competition with other uses (recovering), environmental issues.

BIOMASS ENERGY CROPS: estimation of the land usable without competition with food production, regional energy productivity of proposed energy crops (forestry, sugar cane).

Detailed assumptions on each technology path evaluation are found in attached cards (annex 2).

III. GLOBAL RESULTS

Global results, summing the results for 22 regions analyzed in annex 2, are presented for the ten main regions of the world.

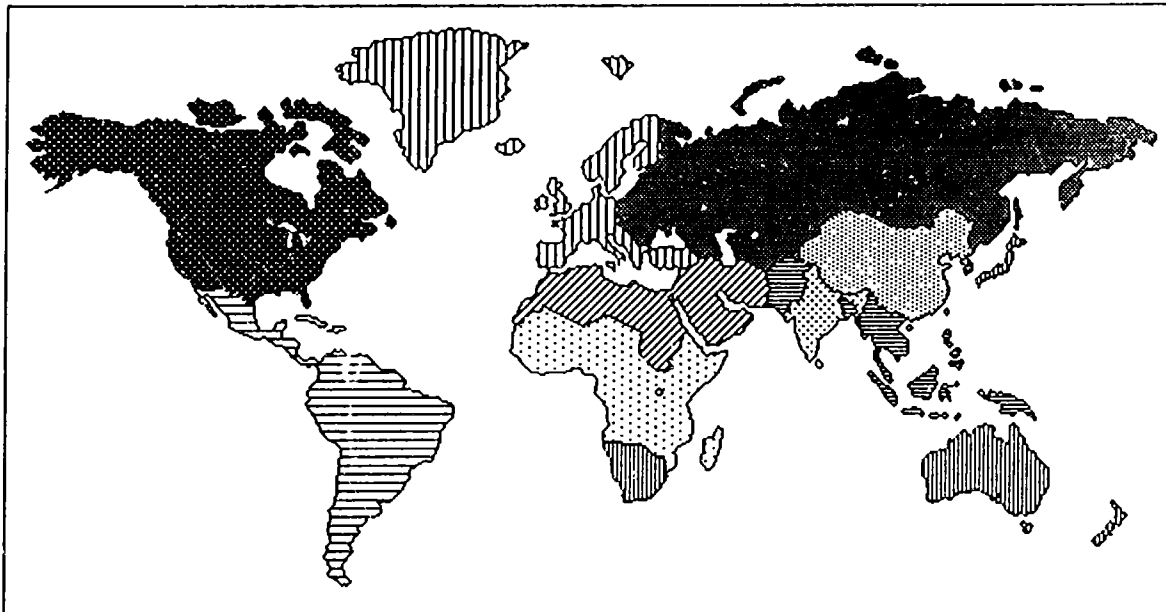
III. 1. 1985 contribution of renewables in the world energy balance






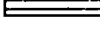




The World Energy Council report «Global Energy Perspectives 2000-2020» (4) gives some aggregated figures on renewables («Hydro», «New Energies», «Non Commercial») for 5 principal regions: Market Economy Industrialized Countries, Centrally Planned Industrialized Countries, Middle Income Developing Countries, Third World in Transition, Centrally Planned Asian Countries.

We have considered that «Non Commercial» includes in fact fuel wood, «Commercial Wood», biomass energy crops, rural and urban waste, and that «New Energies» includes Solar Heating, Geothermal energy, Wind and Solar electricity.

FIGURE 1: LE MONDE EN 10 REGIONS

FIGURE 1: THE WORLD IN TEN REGIONS



-  NORTH AMERICA. AMERIQUE DU NORD
-  EUROPE. EUROPE
-  JAPAN AUSTRALIA NZ S AFRICA. JAPON AUSTRALIE NZ ZEL AFRIQUE DU SUD
-  USSR CENTRAL EUROPE. URSS EUROPE CENTRALE
-  LATIN AMERICA. AMERIQUE LATINE
-  N AFRICA MIDDLE EAST. AFRIQUE DU NORD MOYEN ORIENT
-  AFRICA. AFRIQUE
-  INDIA. INDE
-  CHINA. CHINE
-  ASIA OCEANIA. ASIE OCEANIE

A partir de ces chiffres globaux et des données de l'Atlas Mondial de l'Energie (5) nous avons désagrégé la contribution des énergies renouvelables en 1985 dans les dix zones qui apparaissent dans le tableau 1 et sur la figure 1. Dans ce tableau les trois filières solaires ont été regroupées sous la rubrique «solaire», les deux filières éoliennes sous la rubrique «éolien». Toutes les consommations sont exprimées en millions de tonnes d'équivalent pétrole ou mégatep (Mtep) avec une équivalence de 0,22 Mtep par TWh (térawattheure ou milliard de kWh), équivalence préconisée en France par le Ministère de l'Industrie.

From these general figures and regional numbers from the World Energy Atlas (5) we have disaggregated 1985 contribution of renewables in 10 principal regions which appear on Table 1 and figure 1. In this table the three solar technologies have been aggregated as «Solar», the two wind technologies as «Wind». Consumptions are given in million tons of oil equivalent (Mtoe) with an electricity equivalence of .22 Mtoe by TWh according to French Ministry of Industry figures.

TABLEAU 1: CONTRIBUTION DES ENERGIES RENOUVELABLES EN 1985

TABLE 1: CONTRIBUTION OF RENEWABLES IN 1985

RENEWABLE ENERGY	HYDRO	SOLAR	WIND	WOOD	WOOD	BIOMASS	WASTE	TOTAL
CONSUMPTION 1985 Mtoe				COMM	NON COMM	E. CROPS		Mtoe
CONSUMMATION 1985	HYDRO	SOLAIRE	EOLIEN	BOIS	BOIS	CULTURES	DECHETS	TOTAL
ENERGIE RENOUV Mtep				COMM	NON COMM	ENERGET		Mtep
NORTH AMERICA	132	5	0,7	56	6	2	6	205,7
EUROPE	105	3	0,1	13	10		6	137,1
JAPAN AUSTRALIA NZ	25	2		1	0		2	30
USSR CENTRAL EUROPE	50	1		28	6		6	88
TOTAL NORTH (NORD)	312	11	0,8	98	22	2	20	455,8
LATIN AMERICA	69	1,5		49	126	8	15	268,5
N AFRICA MIDDLE EAST	5	1		2	5		6	19
AFRICA	9	1		5	171		10	196
INDIA	11	1,5		5	68		16	101,5
CHINA	22	1	0,1	8	55		17	103,1
ASIA OCEANIA	17	1	0,1	8	158		16	200,1
TOTAL SOUTH (SUD)	133	7	0,2	77	583	8	60	686,2
TOTAL WORLD (MONDE)	445	18	1	175	605	10	100	1344

Remarques: la proportion entre bois énergie commercialisé ou non a été estimée, en cohérence avec les chiffres du rapport CME déjà cité, à partir de l'Atlas Mondial de l'Energie qui se réfère aux principales bases de données internationales. La rubrique «solaire» inclut aussi 5 Mtep d'électricité géothermique que nous n'avons pas fait apparaître dans une colonne spécifique.

Comments: the 1985 non commercial to commercial wood ratio has been estimated, in coherence with the already cited WEC report global figures, from the data of the World Energy Atlas (5) which refers to the main international sources. 5 Mtoes of geothermal electricity have been included in the «solar» column to avoid a special column.

III. 2. Réserves annuelles d'énergies renouvelables pour les années 90

Les résultats généraux de l'analyse détaillée des réserves présentée dans l'annexe 2 sont condensés en trois tableaux (tableaux 2 à 4): électricité primaire renouvelable, autres énergies renouvelables et réserves totales d'énergies renouvelables.

III. 2. 1. Réserves annuelles renouvelables d'électricité primaire

Pour les dix régions du monde, le tableau 2 indique les réserves annuelles d'électricité primaire pouvant être produite à partir de l'eau, du soleil et du vent. Ces quantités sont comparées aux consommations d'électricité de 1985 dans chaque région. Les valeurs sont exprimées en milliards de kWh (TWh).

TABLEAU 2: RESERVES ANNUELLES
RENOUVELABLES
D'ELECTRICITE PRIMAIRE (TWh)

ANNUAL RENEWABLE RESERVES ELEC TWh	HYDRO	GRID WIND	REMOTE WIND	REMOTE SOLAR	GRID SOLAR	TOTAL ELEC	ELECTRICITY CONS 1985	% REN ELEC / CONS 1985
RESERVES ANNUELLES RENOUVELABLES ELEC TWh	HYDRO	EOLIEN RESEAU	EOLIEN HORS RES	SOLAIRE HORS RES	SOLAIRE RESEAU	TOTAL ELEC	CONSOMMATION ELECTRICITE	% RES ELEC / CONSO 1985
NORTH AMERICA	767	75	0,1	0,7	60	903	2980	30
EUROPE	793	63,4	0,5	1,6	13	872	1875	46
JAPAN AUSTRALIA NZ	155	44,8	0,3	0,3	19	219	795	28
USSR CENTRAL EUROPE	816	8	0,7	0,8	24	850	1710	50
LATIN AMERICA	656	5	2,9	10,8	37	712	525	135
N AFRICA MIDDLE EAST	34	0	1,2	9,5	21	66	200	33
AFRICA	111	1,3	3,6	25,8	15	155	185	84
INDIA	80	5,2	1,6	63	13	179	260	69
CHINA	325	9	18	33,6	13	398	450	88
ASIA OCEANIA	252	0	15,4	55	12	334	320	104
TOTAL WORLD (MONDE)	3990	212	61	200	227	4690	9300	50

Commentaire: les réserves annuelles renouvelables d'électricité primaire des années 90 représentent environ 50% de la consommation mondiale d'électricité de 1985. Ces réserves atteignent 30% dans une région pourtant très fortement consommatrice comme l'Amérique du Nord.

III. 2. Proven renewable annual reserves for the nineties

Global results of the analysis given in detail in attached annex 2 for the 1990' s are condensed in 3 tables (table 2 to 4): renewable primary electricity, other renewable fuels and total annual renewable reserves.

III. 2. 1. Primary electricity annual renewable reserves

Table 2 gives for the same ten regions the total annual renewable primary electricity reserves : hydro, wind, solar. Renewable electricity reserves are compared with 1985 electricity consumption for each region. Figures are expressed in TWh (billions kWh).

TABLE 2: PRIMARY ELECTRICITY
1990' s ANNUAL RENEWABLE
RESERVES (TWh)

Comments: 1990' s accessible world annual renewable reserves of electricity are about 50% of the 1985 world electricity consumption. These reserves reach 30 % in the yet high consuming countries as North America.

III. 2. 2. Réerves annuelles d'autres énergies renouvelables

Le tableau 3 indique les réserves annuelles d'énergies renouvelables non électriques: bois, déchets, cultures énergétiques, eau chaude solaire. Dans chaque région ces quantités sont comparées aux consommations non électriques de 1985.

TABLEAU 3: RESERVES ANNUELLES D'ENERGIES RENOUVELABLES NON ELECTRIQUES DANS LES ANNEES 90 (Mtep)

ANNUAL RENEWABLE ENERGY RESERVES Mtoe	ENERGY WOOD	SOLAR HOT WATER	BIOMASS E CROPS	WASTE DECHETS	TOTAL RENEWABLES	NON PRIMAR ELEC* 1985 CONSUMPTION	% REN RES / CONS 1985
RESERVES ANNUELLES ENERGIES RENOUV Mtep	BOIS ENERGIE	EAU CHAUDE SOLAIRE	CULTURES ENERGETIQUES	DECHETS	TOTAL RENEWABLES	CONSUMMATION 1985 HORS ELEC PRIMAIRE	% RES REN / CONS 1985
NORTH AMERICA	212	4,3	13,7	67	297	1365	22
EUROPE	53	3,3	5,3	52	113,5	896	13
JAPAN AUSTRALIA NZ	15	2	3,9	16	37	266	13
USSR CENTRAL EUROPE	228	1,9	15,4	56	301	1382	22
LATIN AMERICA	483	6,9	15,7	63	570,5	337	169
N AFRICA MIDDLE EAST	22	4,3	0,9	6	33	172	20
AFRICA	270	10,5	3,9	24	308	210	147
INDIA	77	26,3	5,2	69	177	167	104
CHINA	64,5	22,6	3,2	84	174	488	36
ASIA OCEANIA	228,5	23,9	2,8	65	320	316	101
TOTAL WORLD (MONDE)	1653	106	70	504	2331	5800	41

* Equivalence 1 TWh = 0,22 Mtep

Commentaire: les énergies renouvelables peuvent contribuer significativement au bilan énergétique de chaque région, leurs réserves annuelles ne sont nulle part inférieures à 13% de la consommation de 1985 (Europe, Japon-Australie) et atteignent ou dépassent cette consommation dans des régions comme l'Amérique Latine ou l'Afrique. Pour l'ensemble du monde le taux de couverture est de 41% de la consommation non électrique de 1985.

III. 2. 3. Réerves annuelles renouvelables totales

Le tableau 4 indique les réserves annuelles d'énergies renouvelables des années 90 dans chacune des dix régions du monde. Par cohérence avec l'analyse CME nous avons retenu la même désagrégation que dans le tableau 1.

III. 2. 2. Other fuels annual renewable reserves

Table 3 shows for the same ten regions the non primary electricity annual renewable reserves: wood, waste, biomass energy crops, solar water heating. For each region renewable are compared to 1985 non primary electricity consumption.

TABLE 3: NON PRIMARY ELECTRICITY 1990's ANNUAL RENEWABLE RESERVES (Mtoe)

* Equivalence 1 TWh = .22 Mtoe

Comments: 1990 accessible renewable reserves are nowhere less than 13% of the 1985 consumption (Europe, Japan Australia) and reach 100% or more in regions as Latin America or Africa. The whole world renewable non primary electricity annual reserves are 41% of the 1985 non primary electricity consumption.

III. 2. 3. Total annual renewable reserves

Table 4 shows the total annual 1990's renewable energy reserves for each of the ten main regions. The same desaggregation as the one of table 1 has been taken for coherence with WEC analysis.

TABLEAU 4: RESERVES ANNUELLES
 TOTALES D'ENERGIES
 RENOUVELABLES DES ANNEES 90

TABLE 4: TOTAL 1990' s ANNUAL
 RENEWABLE RESERVES

ANNUAL RENEWABLE RESERVES* NINETIES* Mtoe	HYDRO	SOLAR	WIND	WOOD COMM	WOOD NON COMM	BIOMASS E. CROPS	WASTE	TOTAL Mtoe
RESERVES ANNUELLES ENERGIES RENOUVELABLES DES ANNEES 90 Mtep	HYDRO	SOLAIRE	EOLIEN	BOIS COMM	BOIS NON COMM	CULTURES ENERGET	DECHETS	TOTAL Mtep
NORTH AMERICA	169	17,5	16,4	204	7,5	13,6	67	495
EUROPE	174	6,5	14	43	5	5,3	52	300
JAPAN AUSTRALIA NZ	34	6,5	9,8	17	0	3,9	16	87
USSR CENTRAL EUROPE	180	7,5	1,8	218	15,5	15,2	58	494
TOTAL NORTH (NORD)	557	38	42	482	28	38	191	1376
LATIN AMERICA	144	17	1,8	324	158	16	65	725,8
N AFRICA MIDDLE EAST	7,5	11	0,1	10	11	0,9	6	46,5
AFRICA	24,5	19,5	1,2	70	200	3,9	24	343,1
INDIA	17,5	43	5,3	9	66	5,2	69	215
CHINA	71,5	32	6,3	17	48	3,2	84	262
ASIA OCEANIA	56	39,5	3,3	68	162	2,8	65	396,6
TOTAL SOUTH (SUD)	321	162	18	498	645	32	313	1989
TOTAL WORLD (MONDE)	878	200	60	980	673	70	504	3365

L'annexe 2 donne les résultats détaillés et des commentaires pour les 22 régions et les 10 filières techniques retenues.

Commentaires: les réserves annuelles d'énergies renouvelables accessibles dans les années 90 ne sont négligeables dans aucune des régions considérées. 43% de la consommation énergétique mondiale de 1985 (7670 Mtep) pourraient être satisfaits par ces réserves, 24% dans les Pays Industrialisés à Economie de Marché, 28% dans les Pays à Planification Centralisée, 85% dans le Tiers Monde. La carte de la figure 2 illustre cette comparaison entre réserves renouvelables et consommation totale d'énergie.

La contribution principale vient du bois: 1610 Mtep comparés à une consommation de 780 Mtep en 1985. Il convient de souligner le fait que cet accroissement de la consommation de bois énergie est dû essentiellement à l'utilisation performante du bois commercialisé, qui atteint 980 Mtep contre 730 Mtep pour le bois non commercial, à comparer respectivement aux 175 et 655 Mtep en 1985. La part de bois non commercial a été choisie en continuité avec les chiffres de 1985 pour prendre en compte les modes de

Annex 2 gives detailed results and comments for 22 regions in the world and for ten considered technologies.

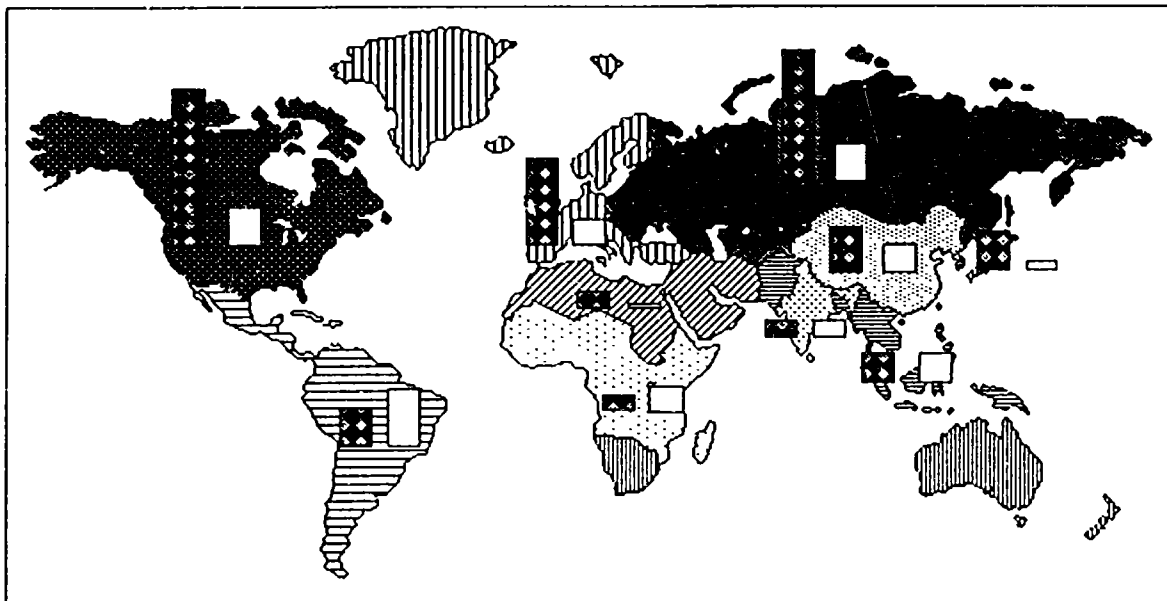
Comments: accessible 1990's renewable energy annual reserves are nowhere negligible whatever region is considered. 43% of the world 1985 primary energy supplies (7670 Mtoe) could be satisfied by these reserves: 24 % in Market Economy Industrialized Countries, 28 % in Centrally planned Industrialized Countries, 85% in the Third World. The map figure 2 highlights this comparison between renewable reserves and total energy consumption.

The major potential contribution comes from wood: 1610 Mtoe compared with 1985 780 Mtoe consumption. We want to emphasize the fact that the increase of wood consumption is essentially due to efficient use of «commercial wood», which reaches 980 Mtoe versus 730 Mtoe for non commercial wood compared with figures for 1985, respectively 175 and 605 Mtoe. The share of non commercial wood has been chosen in continuity with 1985 figures to take into account the consumption practices of most


FIGURE 2: COMPARAISON RESERVES
RENOUVELABLES / CONSOMMATIONS

FIGURE 2: COMPARISON RENEWABLE
RESERVES / CONSUMPTION

**NINETIES RENEWABLE ENERGY RESERVES
A COMPARISON WITH 1985
TOTAL ENERGY SUPPLIES**



*RESERVES RENEUVELABLES DES ANNEES 90
COMPARAISON AVEC LES CONSOMMATIONS
TOTALES DE 1985*

 *1985 ENERGY SUPPLIES
100 Mtoe (100 Mtep)*

 *1990'S RENEWABLE RESERVES
100 Mtoe (100 Mtep)*

consommations de la plupart des pays en développement. Les déchets prennent la seconde place (445 Mtep), loin devant l'eau chaude solaire (106 Mtep).

Les réserves d'électricité primaire proviennent en premier lieu de l'hydraulique (3390 TWh comparés aux 2030 TWh consommés en 1985), en second de l'électricité solaire et éolienne sur réseau (440 TWh) et enfin de l'électricité décentralisée solaire et éolienne (260 TWh).

Cette dernière valeur peut paraître modeste dans le bilan énergétique mondial mais représente en fait une chance unique pour plus de 2 milliards d'habitants qui n'ont pratiquement aucun espoir d'être raccordés à un réseau électrique dans les 20 ans à venir.

Il faut également se souvenir que la petite hydraulique et les gazogènes, déjà comptés dans les rubriques hydroélectricité et bois, pourraient rapidement jouer un rôle équivalent pour des populations isolées, mais avec un impact aussi modeste sur le bilan énergétique global.

La comparaison des tableaux 1 et 4 montre que les réserves d'énergies renouvelables existantes pour les années 90 (3363 Mtep) représentent 2,5 fois la contribution actuelle de ces énergies (1344 Mtep).

III. 3. LES RESERVES ANNUELLES RENEUVABLES EN 2020

Il convient de souligner une fois de plus la sensibilité des résultats à la démographie, au progrès technologique et au développement, dans la mesure où les ressources physiques de chaque forme d'énergie renouvelable sont largement supérieures aux réserves estimées pour les années 90. Les besoins de populations rapidement croissantes et les progrès technologiques futurs peuvent augmenter considérablement la taille de ces réserves renouvelables.

Le tableau suivant, établi à l'horizon 2020, illustre ces remarques. Partant de l'état des réserves renouvelables dans les années 90, nous propo-

developing countries. Waste takes the second place (504 Mtoe), far before solar water heating (106 Mtoe).

Primary electricity annual reserves come first from hydro (3990 TWh compared with 2030 TWh 1985 production), second from grid connected wind and solar (440 TWh) and last from remote off grid wind and solar (260 TWh).

This last figure, even if it may appear as quite modest in the global energy balance is in fact most important since it corresponds to a unique chance of electricity access for more than two billion people which have practically no hope to be connected to the grid for the next 20 years.

It must be remembered that small scale hydro and producer gas engines, already accounted for in the bulk of Hydro and Wood, would play an equivalent urgent role for isolated populations, but with the same modest impact on the global energy balance.

Comparing table 1 and table 4 shows that the reserve existing for the nineties (3363 Mtoe) is 2.5 times the present contribution of renewable (1344 Mtoe).

III. 3. 2020 ANNUAL RENEWABLE RESERVES

Sensitivity of results to demography, technology progress and development has to be once more emphasised since physical resources of each of these renewable technologies are much more important than evaluated 1990's reserves. Needs of rapidly growing populations and future technical developments may increase tremendously these accessible renewable reserves.

The following table gives an illustration of these remarks; it concerns 2020 renewable energy reserves. Starting from the 1990's situation of the renewable reserves we give an early

sons une première approche de l'augmentation des réserves prenant en compte l'évolution de trois paramètres:

- L'augmentation de la population de chaque région comme indiqué dans le tableau 5 (source ONU).

tentative approach of the renewable reserves increase when taking in account rather conservative variations of three parameters:

- Growth of population of each region between 1985 and 2020 as indicated in table 5 (source U.N.).

TABLEAU 5: POPULATION MONDIALE EVOLUTION 1985 - 2020

TABLE 5: WORLD POPULATION PROJECTIONS 1985 - 2020

POPULATION (millions)	1985	2020
POPULATION (millions)		
North America	265	330
Europe	430	450
Japan Australia NZ	170	230
USSR Central Europe	390	490
TOTAL NORTH (NORD)	1255	1500
Latin America	410	710
N Africa Middle East	230	580
Africa	390	1140
India	760	1310
China	1040	1360
Asia Oceania	760	1400
TOTAL SOUTH (SUD)	3590	6500
TOTAL WORLD (MONDE)	4845	8000

- L'évolution de la demande énergétique par habitant. Nous avons retenu des valeurs cohérentes avec celles du rapport du CME (4), en particulier pour la croissance dans le Tiers Monde (de 0,65 en 1990 à 0,92 tep/hab en 2020 dans le scénario M du CME). Cette dernière valeur n'est pas très différente de celle du scénario de Goldemberg et al. (1 tep/hab en moyenne dans le Tiers Monde en 2020) (6).

- Le progrès technique. Nous avons retenu une hypothèse conservative de progrès technique continu (par exemple une augmentation du rendement industriel des photopiles jusqu'à 18% en 2020) mais sans véritable saut technologique. Des développements plus futuristes (tels que les satellites solaires ou un système solaire-hydrogène) pourraient augmenter considérablement les réserves accessibles; cependant il n'est pas nécessaire, pour dessiner un futur énergétique

- Growth of energy demand per capita. Figures coherent with WEC report have been chosen especially for the Third World (from .65 in 1990 to .92 toe per capita in 2020 in the scénario «M» of WEC). This last figure is not very different for the scénario of Goldemberg and al. (1 toe per capita for the Third World in 2020) (6).

- Technological progress. Conservative continuous technological improvements (for example photovoltaic industrial efficiency grows to 18% in 2020) but no real breakthrough has been taken in account. Futuristic technical developments (such as solar power satellites or renewable electricity hydrogen storage) might increase tremendously the reserves; however, for a realistic sustainable energy future, it is not needed to bet on such hypothetical achievements

soutenable et réaliste, de parier sur de telles hypothèses. Les valeurs auxquelles on arrive avec des hypothèses raisonnables sont suffisamment attractives pour en justifier une mobilisation accélérée.

Dans ces conditions le tableau 6 donne des estimations pour les différentes technologies à l'horizon 2020 dans les dix régions considérées.

to extrapolate into attractive figures for the year 2020.

In these conditions table 6 gives tentative figures for the different technologies in 2020 in the ten regions already considered.

TABLEAU 6: RESERVES ANNUELLES
RENOUVELABLES EN 2020

TABLE 6: 2020 ANNUAL RENEWABLE
RESERVES

ANNUAL RENEWABLE RESERVES 2020 Mtoe	HYDRO	SOLAR	WIND	WOOD COMM	WOOD NON COMM	BIOMASS E CROPS	WASTE	TOTAL Mtoe
RESERVES ANNUELLES ENERGIES RENOUVELABLES EN 2020 Mtep	HYDRO	SOLAIRE	EOLIEN	BOIS COMM	BOIS NON COMM	CULTURES ENERGET	DECHETS	TOTAL Mtep
NORTH AMERICA	195	40	35	227	0	80	70	647
EUROPE	180	20	30	60	0	65	57	412
JAPAN AUSTRALIA NZ	40	30	20	23	0	11	16	140
USSR CENTRAL EUROPE	240	30	15	250	0	34	62	631
TOTAL NORTH (NORD)	655	120	100	560	0	190	205	1830
LATIN AMERICA	245	60	12	500	120	70	86	1093
N AFRICA MIDDLE EAST	8	80	2	20	5	10	17	142
AFRICA	63	60	3	240	140	60	52	618
INDIA	26	40	8	40	55	5	90	264
CHINA	128	50	10	40	50	5	90	373
ASIA OCEANIA	90	60	10	150	130	10	80	530
TOTAL SOUTH (SUD)	560	350	45	990	500	160	415	3020
TOTAL WORLD (MONDE)	1215	470	145	1550	500	350	620	4850

HYDRO: l'augmentation est essentiellement due au potentiel d'équipement de l'URSS et des pays du Sud qui sont encore peu équipés au début des années 2000. Nous proposons les taux suivants:

HYDRO: the increase is essentially due to the potential equipment of USSR and South which are still under equipped in the beginning of the 2000' s. The following tentative increase is proposed :

Taux d'équipement rapporté
au productible exploitable

Ratio of total
workable equipment

	1985	1990 - 2000	2020	
Nord (hors URSS)	80%	87%	94%	North
URSS	4%	20%	28%	USSR
Sud	8%	20%	34%	South

SOLAIRE: Les possibilités d'augmentation de la réserve sont dues:

- au progrès technologique: rendement de conversion en électricité sur site passant de 10 - 12% dans les années 90 à 18 - 20% en 2020, taux d'acceptabilité d'énergie fluctuante sur réseau passant de 15 à 30% (en raison de la combinaison solaire - combustibles fossiles dans les centrales solaires et des progrès sur le stockage de l'électricité),
- à l'installation de centrales solaires compétitives dans les régions bien ensoleillées des pays dits du Nord,
- à l'augmentation du rendement des capteurs plans de 40 à 50%,
- à l'augmentation des populations et des besoins d'électricité et d'eau chaude dans les pays en développement bien ensoleillés.

A titre d'exemple, pour illustrer la méthode, voici le calcul effectué pour le solaire dans les pays du Sud:

I - Situation des années 90:

Le tableau 4 donne une réserve solaire Sud = 162 Mtep, dont 95 Mtep d'eau chaude solaire, 43 Mtep d'électricité décentralisée et 24 Mtep d'électricité sur réseau; en moyenne, 53% de la surface des pays bénéficie de conditions climatiques favorables; le réseau peut accepter 10% d'énergie fluctuante.

II - Hypothèses pour le Sud en 2020:

Consommation énergétique globale = 5800 Mtep, consommation par habitant 1,5 fois celle des années 90, pourcentage d'électricité dans les approvisionnements = 16% (contre 13% en 1990), accroissement de la population concernée par l'énergie solaire = 50%.

III - Réserve d'eau chaude solaire:

95 Mtep x 1,5 = 142 Mtep (même consommation par habitant qu'en 1990).

IV - Réserve d'électricité décentralisée:

43 Mtep x 1,5 x 1,5 x 16/13 = 119 Mtep.

V - Electricité sur réseau:

La consommation d'électricité pourrait atteindre 16% de la consommation totale d'énergie,

SOLAR: The potential increase of the reserve is due to :

- technological progress: from 10-12% mass production efficiency in the 1990's to 18%-20% in 2020, from 15% to 30% maximum acceptableness of the grid to electrical power fluctuations (due to the combined fossil fuels and solar plants, and to the progress in electrical storage),
- implementation of competitive solar power plants in the northern sunny regions,
- increase of the commercial flat plate collectors efficiency from 40 to 50 %,
- increase of populations and needs of electricity and hot water of sunny developing countries.

An illustration of the type of calculation performed is given below for Solar in Southern countries:

I - 1990' s situation:

Table 4 gives a South Solar reserve = 162 Mtoe, 95 Mtoe coming from solar water heating, 43 Mtoe from decentralized electricity, 24 Mtoe from grid connected electricity; adequate climate area 55 %; acceptableness of solar electricity on the grid 10%.

II - Assumptions for South in 2020:

Global consumption of energy of 5800 Mtoe, per capita consumption = 1.5 times the one of 1990, ratio of electricity in the mix of energies = 16% (13% in 1990), increase of population concerned by solar applications = 50%.

III - Solar Water heating reserve :

95 Mtoe x 1.5 = 142 Mtoe
(same mean consumption per capita as in 1990)

IV- Decentralized electricity reserve:

43Mtoe x 1.5 x 1.5 x 16/13 = 119 Mtoe

V- Centralized electricity:

The global electricity consumption could reach 16% of the total energy consumption that is 16%

soit $5800 \times 16\% = 928$ Mtep, dont 119 Mtep d'électricité décentralisée et 809 Mtep d'électricité centralisée; en supposant que 55% de cette consommation d'électricité sur réseau a lieu dans des zones climatiques favorables où le solaire peut apporter 20% (contre 10% dans les années 90), les centrales solaires pourraient contribuer pour $809 \times 55\% \times 20\% = 89$ Mtep à l'horizon 2020.

VI - Réserve solaire globale:

$$142 + 119 + 89 = 350 \text{ Mtep}$$

VENT: l'augmentation est due essentiellement à l'installation de fermes éoliennes compétitives dans les régions ventées des pays du Nord, principalement en Amérique du Nord et en Europe. La limitation proposée à 30% de la part d'électricité éolienne sur le réseau en raison de son caractère fluctuant ne se cumule pas avec la limitation analogue imposée au solaire dans la mesure où les régions concernées sont distinctes (Canada et nord de l'Europe pour le vent, sud des Etats-Unis et de l'Europe pour le solaire).

BOIS:

- Pour le Nord, la réserve totale de bois commercialisé ou non n'augmente pas significativement de 1990 à 2020 dans la mesure où le taux d'accès à la ressource atteint déjà plus de 75% en 2000, mais la part de bois non commercialisé disparaît progressivement dans ces régions. Sur les 190 Mtep de cultures énergétiques dans le Nord, 100 pourraient provenir de forêts plantées dans ce but (par exemple 15 millions d'hectares mis en jachère en Europe pourraient produire 60 Mtep en 2020).

- Pour le Sud, le taux d'accès à la ressource pourrait passer de 25% en 1985 à 50% en 2000 et 65% en 2020. Un point important à noter concerne la décroissance de la réserve de bois non commercial de 645 à 500 Mtep, alors que celle de bois commercialisé augmente de 498 à 990 Mtep des années 90 à l'horizon 2020. C'est un facteur favorable à l'environnement dans la mesure où l'utilisation commerciale du bois est beaucoup moins polluante que ses usages traditionnels peu efficaces. 100 Mtep de cultures

*5800 Mtoe = 928 Mtoe, 119 Mtoe coming from decentralised and 809 Mtoe from centralised electricity. Assuming that 55% of this demand occurs in adequate climate where the share of centralized solar electricity could reach 20 % of the total electricity centralized production (10% in 1990's) the solar power plants could contribute for $809 \times 55\% \times 20\% = 89$ Mtoe toward the year 2020.

VI- Global solar reserve:

$$142 + 119 + 89 = 350 \text{ Mtoe}$$

WIND: the increase is essentially due to the potential equipment of the windy northern regions with competitive wind farms connected to the grid, mainly in America and Europe. The 30% proposed limitation due to fluctuating characteristics of wind energy on the grid is not in conflict with the same limitation applying to solar systems, since it concerns generally different regions (Canada or north of Europe for Wind, south of USA and Europe for solar power plants).

WOOD:

North: total commercial and non commercial wood reserve does not increase significantly in the North from 1990's to 2020, since the accessibility ratio to the wood resource reaches more than 75% in 2000, but non commercial wood comes to zero in these regions. From the 190 Mtoe which appear in «Biomass energy crops» in the North, 100 come from energy cultivated forestry (for example 15 million hectares of fallow lands in Europe which could produce 60 Mtoe in 2020).

South: the accessibility ratio of the South wood energy resource is expected to increase from 25% in 1985 to 50% in 2000 and 65% in 2020. An important point to notice is the decreasing of non commercial wood from 645 Mtoe to 500 Mtoe while commercial use drops from 498 to 990 Mtoe from 1990 to 2020. This is important for environment issues as commercial utilisation of wood is supposed to be much less polluting than non commercial one. A 100 Mtoe part of South «Biomass energy crops» is due to energy

énergétiques du Sud pourraient provenir de forêts cultivées, principalement en Amérique Latine et en Afrique.

CULTURES ENERGETIQUES: en dehors du bois, les cultures énergétiques produisent 150 Mtep à partir de céréales, de colza, de betteraves dans le Nord et à partir de canne à sucre et de palme dans les régions peu denses des pays du Sud où la compétitivité avec la production alimentaire est faible.

DECHETS: on a considéré que l'évolution des réserves était due essentiellement à l'augmentation de la production agricole indispensable à l'alimentation d'une population mondiale en croissance et à l'augmentation de la production de déchets urbains par habitant des pays du Sud qui atteindrait $1,5 \cdot 10^{-2}$ tep en 2020 ($2,5 \cdot 10^{-2}$ tep pour l'Europe en 1990).

Nous tenons à rappeler que ces estimations ont été faites avec un ensemble d'hypothèses conservatives sur les évolutions technologiques; certaines limitations, comme la part d'énergie renouvelable sur le réseau, peuvent disparaître si de nouveaux systèmes de stockage (par exemple l'hydrogène) parviennent sur le marché d'ici 2020. Ces estimations doivent donc être considérées comme la borne inférieure de réserves annuelles renouvelables qui pourraient se révéler beaucoup plus importantes.

IV. IMPACT DES ENERGIES RENOUVELABLES SUR L'ENVIRONNEMENT

L'utilisation des énergies renouvelables a plusieurs effets favorables sur l'environnement local et régional (comme la réduction des émissions d'oxydes d'azote et de soufre, la réduction de la pollution, les économies d'eau...). L'analyse qui suit porte uniquement sur les effets globaux résultants de la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Les émissions de gaz à effet de

cultivated forestry, mainly in Latin America and Africa.

BIOMASS ENERGY CROPS: apart from wood, 150 Mtoe of energy crops are produced in the North (cereals, colza, white beets) and in the South (sugar cane, palms etc) in low population density areas where competition with food is not important.

WASTE: it has been considered that the increase from 1990's to 2020 was essentially due to:

- the increase of agricultural production necessary to satisfy minimum needs of increasing populations,
- the per capita waste urban evolution towards the ratio of industrial countries in 1990 to reach $1,5 \cdot 10^{-2}$ toe per capita for the developing countries in 2020 ($2,5 \cdot 10^{-2}$ toe in Europe in 1990).

We want to point out once more that these estimations have been done with a mix of conservative assumptions about technologies; some limitations, as the share of renewables on the grid, may disappear if new industrial storage systems (for example hydrogen) come on the market before 2020. So the above estimate should be considered as the bottom of an annual renewable reserve which might reveal itself as much more important.

IV. RENEWABLE ENERGIES EFFECTS ON GLOBAL ENVIRONMENT

Renewable reserves mobilisation has several favourable effects on local and regional environment (including sulfur and nitrogen oxide savings, depollution, water savings ...). In this analysis global environment effects are only taken into account and estimated from greenhouse gas savings. Greenhouse gas contribution of renewable technologies is derived

serre par les énergies renouvelables sont déduites de considérations sur la substitution de combustibles fossiles et sur les émissions en CO₂ équivalent.

Pour chaque tep de combustible, les émissions suivantes sont prises en compte:

	Tonnes de carbone équivalent par tep d'énergie
CHARBON	1
PETROLE	0,8
GAZ NATUREL	0,6
BOIS COMMERCIAL	0,3
BOIS NON COMMERCIAL	1
DECHETS	0,3 à moins 10
CULTURES ENERGETIQUES	0,3
HYDRO, SOLAIRE, VENT	0

Bois commercial: Bien que le CO₂ soit entièrement réabsorbé par le cycle de photosynthèse d'une forêt exploitée sur la base de sa production annuelle de biomasse, il est nécessaire de prendre en compte les émissions d'autres gaz à effet de serre tels CO, CH₄ et NO_x associées à la combustion du bois. Ces émissions dépendent beaucoup de la façon dont le bois est brûlé. La valeur indiquée ci-dessus correspond à l'état de l'art pour la combustion du bois dans des chaudières adaptées (annexe 3). Il est certain qu'une valeur beaucoup plus faible de l'ordre de 0,05 tC/tep peut être envisagée après l'an 2000 si des systèmes catalytiques sont utilisés pour retenir les gaz à effet de serre.

Bois non commercial: Nous avons supposé ici que le bois non commercialisé est encore brûlé dans des foyers traditionnels qui conduisent à des émissions de 1 tC/tep.

from considerations concerning fuel substitutions and equivalent CO₂ emissions.

Following emission figures are assumed:

	Equivalent tons of carbon per toe of energy
COAL	1
OIL	.8
GAS	.6
COMMERCIAL WOOD	.3
NON COMMERCIAL WOOD	1
WASTE	.3 to minus 10
BIOMASS ENERGY CROPS	.3
HYDRO, WIND, SOLAR:	zero

Commercial wood: Despite whole CO₂ from wood reabsorption by photosynthesis, it's necessary to take in account CO, CH₄ and NO_x emissions associated with wood burning which largely contribute to greenhouse effect. These emissions depend a great deal on how wood is burned. The figure corresponds to the state of the art clean burning of wood in appropriate boilers (annex 3). It is almost certain that a much lower figure as .05 tC/toe could be considered after 2000 if catalytic systems are used to release the remaining greenhouse gases.

Non commercial wood: It is supposed here that non commercial wood is still burned in traditional furnaces which give rise to emissions of one ton equivalent CO₂ carbon ton per toe.

Cultures énergétiques: Nous supposons que ces produits sont utilisés dans des chaudières ou turbines à gaz modernes, ou comme carburants pour des moteurs.

Déchets: Les émissions associées aux déchets dépendent du traitement qui leur est appliqué. Si les déchets sont brûlés directement dans des incinérateurs ou des chaudières, ils conduisent à des émissions qui sont du même ordre que celle du bois commercialisé, à savoir 0,3 tC/tep. Par contre, s'ils sont mis en décharge ils produisent par fermentation 60 kg de CH₄ par tonne de déchet. D'après l'IPCC, 1 tonne de CH₄ est équivalente à 63 tonnes de CO₂ sur une période de 20 ans; ainsi 10 tonnes de déchets, équivalents à 1 tep, émettront 600 kg de CH₄ si ils sont enterrés en décharge. Pour l'effet de serre ces 600 kg de méthane sont équivalents à 38 tonnes de CO₂, soit environ 10 tonnes de carbone. Dans ces conditions la combustion de 10 tonnes de déchets (c'est à dire 1 tep) qui, s'ils n'étaient pas brûlés, seraient mis en décharge, évite le rejet de 10 tonnes d'équivalent carbone dans l'atmosphère. De la même manière la récupération de gaz de décharge évite environ 10 tC/tep. Nous avons supposé pour les calculs que 50% des déchets urbains et 10% des déchets ruraux sont actuellement enterrés et produisent du CH₄.

En supposant que toutes les réserves renouvelables des années 90 sont utilisées d'ici l'an 2000, l'ordre de grandeur des émissions évitées de gaz à effet de serre est d'environ 1440 millions de tonnes d'équivalent carbone.

Les calculs ont été effectués comme suit:

- Les 3365 Mtep de réserves renouvelables des années 90 ont été affectées d'abord aux consommations en énergies renouvelables du scénario M 2000 du CME (1737 Mtep), puis substitués au charbon (700 Mtep), au pétrole (500 Mtep) et au gaz (428 Mtep).
- Ces 3365 Mtep d'énergies renouvelables émettent 1180 Mt de carbone. Les 1626 Mtep de renouvelables qui se substituent à 1626 Mtep de combustibles fossiles émettent $1180 \times 1626 / 3363 = 570$ Mt de carbone au lieu de 1357 Mt de carbone fossile. L'économie nette est de $1357 - 570 = 786$ Mt de carbone.

Biomass energy crops: We suppose that these crops are used in modern gas turbines and boilers, or as motor fuels.

Waste: Indeed if produced waste are burned at once in boilers or steam generators, they give rise to emissions of associated greenhouse gas which are of the same order of magnitude as for commercial wood, that is .3 ton C per toe. On the contrary if these waste are buried, they will emit 60 kg of CH₄ /waste ton. According to IPCC, 1 ton of CH₄ is equivalent to 63 tons of CO₂ over a 20 years period; so 10 waste tons, equivalent to 1 toe, if buried, emit 600 kg of CH₄, equivalent to 38 tons of equivalent CO₂, that is 10 tons of carbon. In that sense, burning of 10 tons of waste (that is 1 toe) which, if not burned, would have been buried, saves 10 tons of carbon. In the same way landfill gas recovering saves some 10 tons of carbon per toe. For calculation, it is assumed that 50% of urban waste and 10% of rural waste are presently buried and give rise to CH₄ emissions.

The mobilisation of the whole renewable nineties reserve would avoid the annual emission of 1440 millions tons of equivalent carbon in the atmosphere in 2000.

The calculation has been made as follows :

- The 3365 Mtoe 1990's reserves have been first affected to the WEC 2000 M scenario requirements of renewables (1737 Mtoe), then substituted to coal (700 Mtoe), to oil (500 Mtoe) and finally to gas (428 Mtoe).
- These 3365 Mtoe renewable emit 1180 Mtons of carbon. 1626 Mtoe which substitute 1626 Mtoe of fossil fuels emit $1180 \times 1626 / 3363 = 570$ Mtons of carbon and avoid the emission of 1357 Mtons of fossil carbon. The net economy is therefore of $1357 - 570 = 786$ Mtons of carbon.
- Recovering of 50% of urban Waste and of 10% of rural waste which would have been buried

- La combustion de 50% de déchets urbains et de 10% de déchets ruraux qui auraient été enfouis évite 656 Mt d'équivalent carbone ($38 \times 0,5 \times 10 + 466 \times 0,1 \times 10$).

- L'économie globale de CO₂ équivalent serait donc de $786 + 656 = 1442$ Mt de carbone.

Le potentiel d'économie de gaz à effet de serre doit être souligné car il atteint 19% des émissions du scénario CME 2000 M (7,5 Gt de carbone). Toutes les régions du monde sont concernées, pays industrialisés comme pays en développement. Une attention particulière doit être portée aux déchets qui contribuent fortement aux émissions actuelles de méthane: le traitement de 15% des déchets organiques mondiaux pourrait éviter 10% des émissions de gaz à effet de serre.

V. CONCLUSION

L'importance, la diversité et la bonne répartition (comparée à celle des ressources fossiles) des réserves annuelles d'énergies renouvelables accessibles dans les années 90 en toute région du monde doit être soulignée. Ces énergies peuvent contribuer en effet à près de 40% de la consommation énergétique mondiale actuelle. Bien sûr, ceci ne veut pas dire qu'elles seront effectivement utilisées à ce niveau au cours de la décennie.

Les énergies renouvelables sont d'un intérêt primordial pour un grand nombre de pays, y compris des pays en développement pour lesquels elles peuvent jouer un rôle majeur dans le futur proche. En 2020, sans révolution technologique, ces réserves renouvelables peuvent atteindre un minimum de 4850 Mtep et représenter 37 à 43% des approvisionnements énergétiques, selon les scénarios considérés (CME M ou L). Mais si un effort suffisant de recherche et de développement est poursuivi à cet horizon, la part des énergies renouvelables pourrait se révéler encore bien supérieure à long terme.

save 656 Mtons more of Carbon ($38 \times .5 \times 10 + 466 \times .1 \times 10$).

- The global saving would therefore be of $786 + 656 = 1442$ Mtons of carbon.

1990's potential greenhouse gas savings due to renewables have to be emphasised since they could reach 19% of the 2000 WEC M scenario world emissions (7,5 Gtons of carbon). All regions, including developing and industrialized countries are equally concerned. Special attention should be paid to waste which presently contributes a great deal to methane emissions; a 15% convenient world waste treatment could save some 10% of present greenhouse gas emissions.

V. CONCLUSION

Importance, diversity and well spread distribution (compared with fossil fuels) of renewable energy annual reserves accessible in the nineties in every region of the world has to be outlined. They could indeed contribute to some 40% of the nowadays world energy consumption. This naturally does not mean that they will be really used at this level during the nineties.

They are of prime interest for a variety of countries, including developing countries for which they could play a major and unique role in the near future. In 2020, without any technological breakthrough, these renewable reserves could reach a minimum of 4850 Mtoe and represent 37 to 43 % of the world energy supplies, depending on the considered scenarios (WEC scenarios M and L). But if sufficient research and development effort occurs before this horizon the share of renewables might reach much more for the long term perspective.

De plus, la mobilisation rapide des réserves renouvelables présente un grand intérêt pour combattre le réchauffement de la planète car ces énergies permettent de réduire significativement les émissions de gaz à effet de serre dès l'an 2000 et constituent une solution à long terme pour ce problème.

Furthermore, the quick mobilisation of these renewable reserves is of prime interest for fighting greenhouse warming, since it could reduce significantly world greenhouse gas emissions before 2000 and work out the greenhouse problem in a long term perspective.

Bibliographie

1. B. Dessus, Les promesses des énergies renouvelables, La Recherche, Oct. 1989.
2. R.L. San Martin, Renewable energy, power for tomorrow, The Futurist, May 1989.
3. CME (Conférence Mondiale de l'Energie), Enquête sur les ressources énergétiques, Holywell Press Ltd, Oxford, 1989.
4. CME, Horizons Energétiques Mondiaux 2000-2020, Technip, Paris, 1989.
5. F. Pharabod, Atlas Mondial de l'Energie / World Energy Atlas, Aditech, Paris, 1989.
6. J. Goldemberg et al., Energie pour un monde vivable, La Documentation Française, Paris, 1990.

References

1. B. Dessus, Les promesses des énergies renouvelables, La Recherche, Oct. 1989.
2. R.L. San Martin, Renewable energy, power for tomorrow, The Futurist, May 1989.
3. WEC (World Energy Conference), World Energy Survey, Holywell Press Ltd, Oxford, 1989.
4. WEC, World Energy Horizons: 2000 - 2020, Technip, Paris, 1989.
5. F. Pharabod, Atlas Mondial de l'Energie / World Energy Atlas, Aditech, Paris, 1989.
6. J. Goldemberg and al., Energy for a Sustainable World, Wiley Eastern Ltd, New Delhi, 1988.

ANNEXE 1

LE MONDE EN 22 REGIONS

-
- 1 - CANADA
 - 2 - ETAS-UNIS
 - 3 - COMMUNAUTE EUROPEENNE
 - 4 - EUROPE DU NORD ET PAYS ALPINS
(Islande, Norvège, Suède, Finlande, Autriche, Suisse)
 - 5 - EUROPE CENTRALE
 - 6 - UNION SOVIETIQUE
 - 7 - JAPON
 - 8 - AUSTRALIE, NOUVELLE ZELANDE
 - 9 - MEXIQUE
 - 10 - BRESIL
 - 11 - AMERIQUE LATINE (tous les autres pays d'Amérique Latine)
 - 12 - EUROPE DU SUD (Chypre, Israël, Malte, Turquie, Yougoslavie)
 - 13 - MOYEN-ORIENT (Iran compris)
 - 14 - AFRIQUE DU NORD (Maroc, Algérie, Tunisie, Lybie, Egypte, Soudan)
 - 15 - NIGERIA, GABON
 - 16 - AFRIQUE (tous les autres pays d'Afrique excépté l'Afrique du Sud)
 - 17 - AFRIQUE DU SUD
 - 18 - INDE
 - 19 - CHINE
 - 20 - COREE DU SUD, TAIWAN, HONG-KONG, SINGAPOUR
 - 21 - INDONESIE
 - 22 - ASIE, OCEANIE (tous les autres pays d'Asie et d'Océanie)

ANNEX 1

THE WORLD IN 22 REGIONS

-
- 1- CANADA
 - 2- UNITED STATES
 - 3- EEC EUROPE
 - 4- NORTHERN EUROPE (Iceland, Norway, Sweden, Finland, Austria, Switzerland)
 - 5- CENTRAL EUROPE
 - 6- SOVIET UNION
 - 7- JAPAN
 - 8- AUSTRALIA, NEW ZELAND
 - 9- MEXICO
 - 10- BRAZIL
 - 11- LATIN AMERICA (all other Latin America countries)
 - 12- SOUTHERN EUROPE (Yougoslavia, Turkey, Israel, Malta)
 - 13- MIDDLE EAST (including Iran)
 - 14- NORTHERN AFRICA (Algeria, Morocco, Tunisia, Egypt, Lybia, The Sudan)
 - 15- NIGERIA, GABON
 - 16- AFRICA (all other countries except South Africa)
 - 17- SOUTH AFRICA
 - 18- INDIA
 - 19- CHINA
 - 20-SOUTH KOREA, (including Hong Kong, Singapour and Taiwan of China)
 - 21- INDONESIA
 - 22- ASIA, OCEANIA (all other Asian and Oceanian countries)

ANNEXE 2

POTENTIEL MONDIAL DES
ENERGIES RENOUVELABLES
DANS LES ANNEES 90

RESULTATS DETAILLES ET
COMMENTES POUR DIX FILIERES
ET 22 REGIONS

FILIERES TECHNIQUES:

I - EAU CHAUDE SOLAIRE

II - ELECTRICITE PHOTOVOLTAIQUE
DECENTRALISEE

III - ELECTRICITE SOLAIRE SUR RESEAU
(PV ET THERMO)

IV - HYDROELECTRICITE

V - ELECTRICITE EOLIENNE
DECENTRALISEE

VI - ELECTRICITE EOLIENNE SUR
RESEAU

VII - BOIS ENERGIE

VIII - ENERGIE DES DECHETS URBAINS

IX - ENERGIE DES DECHETS RURAUX

X - CULTURES ENERGETIQUES

On trouvera dans les fiches ci-après, établies pour chaque filière, les données et hypothèses concernant les points suivants:

- Technologie
- Type d'usage
- Economie
- Méthode d'estimation des réserves annuelles
- Tableau des réserves dans les 22 régions
- Carte des réserves annuelles mondiales

ANNEX 2

WORLD POTENTIAL OF
RENEWABLE ENERGIES
IN THE NINETIES

DETAILED RESULTS AND
COMMENTS ON TEN RENEWABLE
TECHNOLOGIES FOR 22 REGIONS

TECHNOLOGIES:

I - SOLAR WATER HEATING

II - DECENTRALIZED ELECTRICITY:
PHOTOVOLTAIC

III - GRID CONNECTED SOLAR
ELECTRICITY (PV & THERMO)

IV - HYDROELECTRICITY

V - DECENTRALIZED ELECTRICITY:
WIND

VI - GRID CONNECTED WIND
ELECTRICITY

VII - ENERGY FROM WOOD

VIII - ENERGY FROM URBAN WASTE

IX - ENERGY FROM RURAL WASTE

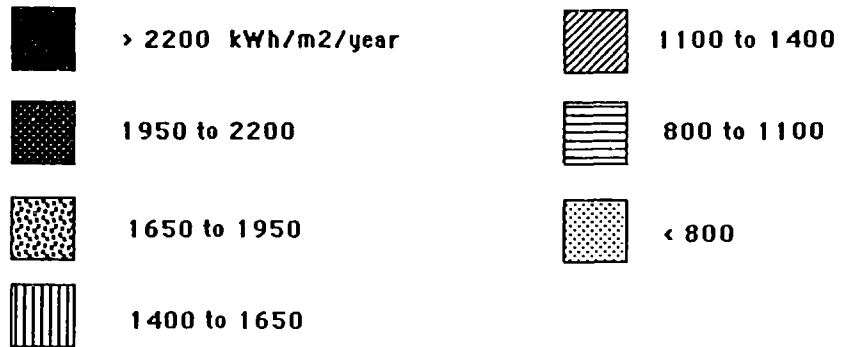
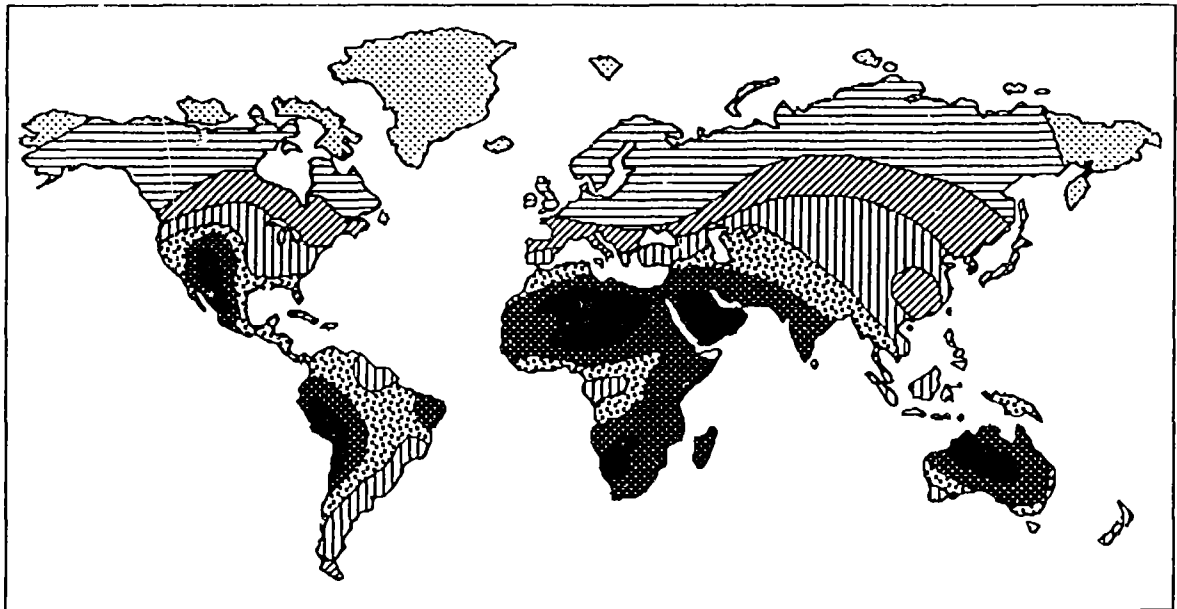
X - BIOMASS ENERGY CROPS

For each technology one will find data and assumptions concerning the following items:

- Technology
- Type of use
- Economics
- Annual reserves estimation
- 22 regions reserves board
- World annual reserve map of the described technology

CARTE DES RESSOURCES
ANNUELLES D'ENERGIE SOLAIRE

MAP OF SOLAR ENERGY ANNUAL
RESOURCES



I. RESERVES ANNUELLES D'EAU CHAUDE SOLAIRE

TECHNOLOGIE: Chauffe-eau solaire à basse température (< 100°C); rendement énergétique annuel 40% si ensoleillement > 1100 kWh/m²/an; durée de vie > 15 ans.

TYPE D'USAGE: Eau chaude domestique, chauffage partiel d'habitations, piscines, etc.

ECONOMIE: Compétitivité par rapport aux chauffe-eau fuel, gaz ou électrique pour des capteurs < 2400 F/m². Coût de l'énergie utile pour un taux d'actualisation de 5%: 0,25 à 0,40 F/kWh.

ESTIMATION DES RESERVES ANNUELLES:

"POPULATION"

A - "TOTALE": population de chaque région en 1990.

B - "ZONES FAVORABLES": % de la population située dans des zones climatiques favorables (> 1100 kWh/m²/an); les applications envisageables dans des zones moins favorables n'auront pas un impact énergétique significatif.

C - "HABITAT DISPERSE": % de la population habitant des logements appropriés (ruraux ou suburbains, habitat individuel ou semi collectif...).

D - "POPULATION CONCERNEE": AxBxC, population totale concernée par la filière.

"CAPTEURS"

E - "BESOINS": les besoins d'eau chaude, et donc la surface de capteur par habitant, dépendent de la taille de la famille:

1 m² par habitant dans les régions où la famille comprend moins de 3,5 personnes,
0,7 m² " de 3,5 à 5 personnes,
0,5 m² " plus de 5 personnes.

F - "PRODUCTIVITE": énergie annuelle substituée au fuel, au gaz ou à l'électricité par m² de capteur; on a supposé que la substitution se fait aux 2/3 sur des combustibles fossiles (rendement 60%) et 1/3 sur l'électricité (rendement 33%), ce qui conduit à 2,1 tep d'énergie primaire fossile économisée par tep d'énergie finale solaire. En Europe par exemple, une productivité solaire de 0,04 tep/m²/an conduit à une substitution de 0,04x2,1=0,084 tep/m²/an.

G - "RESERVES ANNUELLES": DxE*F, réserves annuelles totales de chaque région.

I. SOLAR WATER HEATING ANNUAL RESERVES

TECHNOLOGY: Low temperature (< 100 °C) solar heaters; annual energy efficiency = 40% for annual radiation > 1100 kWh/m²/year; life time >15 years.

TYPE OF USE: Domestic hot water, partial heating of dwellings, swimming pools, etc.

ECONOMICS: Competitiveness assumed for prices up to 400 \$/m² of collector compared with domestic fuel, natural gas and electric water heaters. Useful energy price: .04\$ < kWh < .07\$ for a 5% discount rate.

ANNUAL RESERVES ESTIMATION:

"POPULATION"

A - "TOTAL": 1990 population for each region.

B - "CLIMATIC AREA": % of population located in adequate climatic areas (> 1100 kWh/m²/year). This does not mean that there is no application at all in regions where solar irradiation is less, but they are not significant in the regional balance.

C - "DISPERSED HOUSING": % of population located in adequate type of housing (rural or suburban, individual or semi collective dwellings ...).

D - "CONCERNED POPULATION": AxBxC ie total population concerned with this application.

"COLLECTOR"

E - "AREA": needs of hot water are assumed to be family size dependant:

1 m² per inhabitant for regions where mean family size is < 3,5 people,
.7 m² " 3,5 to 5 people,
.5 m² " over 5 people.

F - "PRODUCTIVITY": annual energy substituted to fuel, gas or electricity by 1 m² of collector in each region. A mix of 66% of fossil fuels (60% efficiency) and 33% electricity (33 % efficiency) has been supposed; so one final solar toe saves 2.1 primary fossil fuel toe. Ex: in Europe solar final productivity of .04 toe/m²/year gives a global substitution productivity of .04x2.1=.084 toe/m²/year.

G - "ANNUAL RESERVES": D*E*F, total annual reserves (Mtoe) of each region.

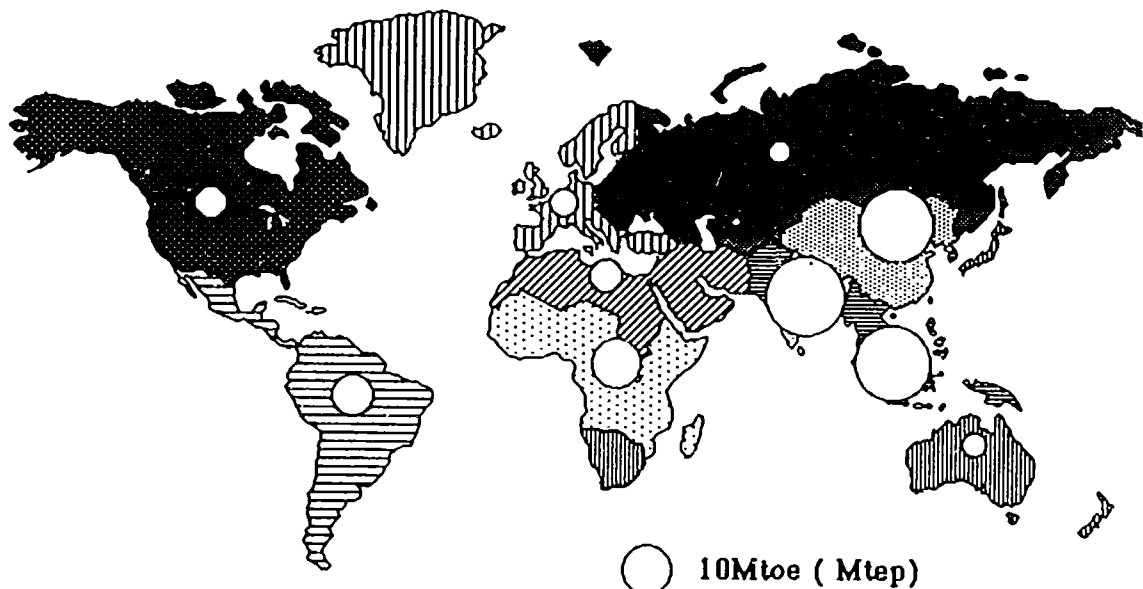
**TABLEAU DES RESERVES
ANNUELLES D'EAU CHAUDE
SOLAIRE**

**SOLAR WATER HEATING
ANNUAL RESERVES FOR 1990's**

AREA	POPULATION 1990 (million inhabitants)				COLLECTOR		ANNUAL RESERVES (Mtoe)
	TOTAL	CLIMATIC AREA (%)	DISPERSED HOUSING (%)	CONCERNED POPULATION	AREA (m ² /inhab)	PRODUCTIVITY (10 ⁻² toe/m ² /year)	
REGION	POPULATION 1990 (millions d'habitants)				CAPTEURS		RESERVES ANNUELLES (Mtep)
	Totale	% ds zones favorables	Habitat dispersé %	Population concernée	Besoins m ² /habitant	Productivité (10 ⁻² tep/m ² /an)	
CANADA	25	60	10	1,5	1	8,4	0,1
UNITED STATES	240	100	15	36	1	11,6	4,2
EEC EUROPE	320	40	15	19	1	8,4	1,6
NORTHERN EUROPE	30	20	15	1	1	7,6	0,1
CENTRAL EUROPE	115	35	15	6	1	8,4	0,5
SOVIET UNION	280	30	20	17	1	8,4	1,4
JAPAN	120	100	12	15	1	9,6	1,4
AUSTRALIA NEW ZEL	20	100	25	5	1	12,6	0,6
MEXICO	80	100	20	16	0,5	12,6	1
BRAZIL	145	100	20	29	0,7	11,6	2,4
LATIN AMERICA	190	100	22	42,5	0,7	11,6	3,5
SOUTHERN EUROPE	80	100	25	20	0,7	11,6	1,6
MIDDLE EAST	110	100	25	22,5	0,5	13,2	1,8
NORTHERN AFRICA	135	100	30	40,5	0,5	12,4	2,5
NIGERIA GABON	95	100	37	35,5	0,5	11,6	2,1
AFRICA	310	100	40	125	0,5	12,4	7,7
SOUTH AFRICA	35	100	25	9	0,7	13,2	0,8
INDIA	770	100	37	285	0,7	13,2	26,3
CHINA	1070	90	35	335	0,7	9,6	22,6
SOUTH KOREA	70	100	15	10,5	0,7	8,2	0,6
INDONESIA	175	100	40	70	0,7	13,2	6,4
ASIA OCEANIA	520	100	37	195	0,7	12,4	16,9
WORLD (MONDE)	4935			1336			106

**CARTE DES RESERVES
ANNUELLES D'EAU CHAUDE
SOLAIRE DES ANNEES 90**

**MAP OF NINETIES ANNUAL
SOLAR WATER RESERVES**



II. RESERVES ANNUELLES D'ELECTRICITE PHOTOVOLTAIQUE DECENTRALISEE

TECHNOLOGIE: Photopiles au silicium et batteries; rendement énergétique annuel 8%; durée de vie > 15 ans.

TYPE D'USAGE: Applications domestiques et agricoles de petite puissance, maisons isolées, pompage de l'eau, signalisation, phares, balises, transmissions.

ECONOMIE: Compétitivité avec le raccordement au réseau dans des zones peu denses où la consommation par famille est inférieure à 500 kWh/an; coût du système photovoltaïque de 60 à 120 F; coût de l'énergie de 3 à 12 F/kWh.

ESTIMATION DES RESERVES ANNUELLES:

" POPULATION "

A - "TOTALE": population de 1990 dans chaque région.

B - "ZONES FAVORABLES": % de la population située dans les zones favorables (> 1100 kWh/m²/an); Ex: 60% de la population du Canada habite le Sud-Est où des applications isolées sont possibles. Les applications envisageables dans des zones moins favorables n'auront pas un impact énergétique significatif sur le bilan régional.

C - "HORS RESEAU": % de la population sans accès au réseau électrique.

D - "POPULATION CONCERNEE": $A \times B \times C$, population totale concernée par la filière.

"SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE"

E - "SURFACE": les besoins en électricité, et donc les surfaces de capteurs photovoltaïques sont supposés dépendre de la taille de la famille: 1 m² par habitant dans les régions où la famille comprend moins de 3,5 personnes, 0,7 m² " de 3,5 à 5 personnes, 0,5 m² " plus de 5 personnes.

F - "PRODUCTIVITE": productivité annuelle déduite des cartes de ressource et du rendement du système.

G - "RESERVES ANNUELLES": $D \times E \times F$, réserve totale de chaque région, en TWh.

H - "PUISSANCE INSTALLEE": G/F , capacité totale installée dans chaque région, en GW.

II. DECENTRALIZED PHOTOVOLTAIC ELECTRICITY ANNUAL RESERVES FOR 1990's

TECHNOLOGY: Si photocells and electrical batteries; annual energy efficiency 8%; life time > 15 years.

TYPE OF USE: Small domestic or agricultural applications, stand alone houses, water pumping, signalisation, lighthouses, beacons, transmissions.

ECONOMICS: Competitvity with grid connexion assumed for low density areas and annual consumptions per family less than 500 kWh; photovoltaic system price: 10 \$ < Wp < 20 \$; energy price: .5\$ < kWh < 2\$.

ANNUAL RESERVE ESTIMATION:

"POPULATION"

A - "TOTAL": 1990 population for each region.

B - "CLIMATIC AREA": % of population located in adequate climatic areas (>1100 kWh/m²/year). Ex: 60% of Canada population is located in the south east region where the annual solar radiation enables some remote applications. This does not mean that there is no application at all in regions where solar irradiation is less, but they are not significant in the regional balance.

C - "OFF GRID": % of population with no access to the electrical grid.

D - "CONCERNED POPULATION": $A \times B \times C$, ie total population concerned with this application.

"PHOTOVOLTAIC SYSTEM"

E - "AREA": electrical needs per capita and consequently photovoltaic areas required are assumed to be family size dependant:

1 m²/ inhabitant for regions where mean family size is < 3,5 people,

.7 m² " 3,5 to 5 people,

.5 m² " over 5 people.

F - "PRODUCTIVITY": year productivity derived from chart and system efficiency.

G - "ANNUAL RESERVES": $D \times E \times F$, total annual reserves (TWh) of each region.

H - "CAPACITY": G/F , ie total settled capacity (GW) in each region.

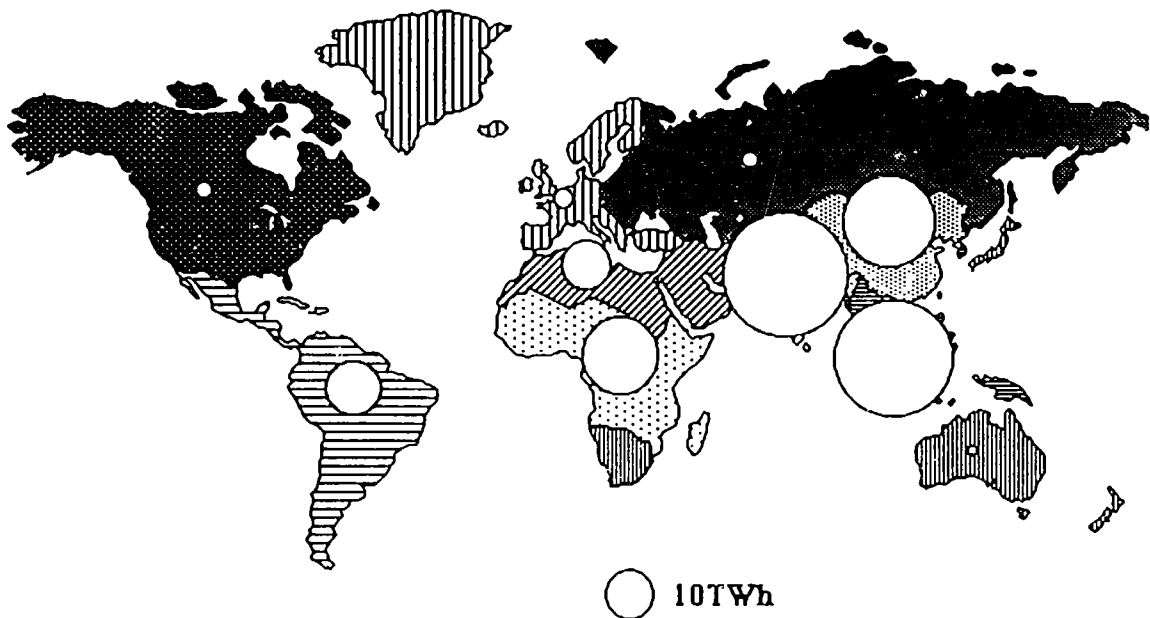
**TABLEAU DES RESERVES
ANNUELLES D'ELECTRICITE
PHOTOVOLTAIQUE
DECENTRALISEE**

**DECENTRALIZED
PHOTOVOLTAIC ELECTRICITY
ANNUAL RESERVES FOR 1990's**

AREA	POPULATION 1990 (million inhabitants)				PHOTOVOLTAIC SYSTEM		ANNUAL RESERVES TWh	CAPACITY GW
	TOTAL	CLIMATIC AREA %	OFF GRID %	CONCERNED POPULATION	AREA m ² /inhab	PRODUCTIVITY kWh/m ² /year		
REGION	POPULATION 1990 (millions d'habitants)				SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE		RESERVES ANNUELLES TWh	PUISSANCE INSTALLEE GW
	Totale	% de zones favorables	Hors reseau %	Population concernée	Surface m ² /hab	Productivité kWh/m ² /an		
CANADA	25	60	4	0,6	1	90	0,05	0,05
UNITED STATES	240	100	2	4,8	1	140	0,7	0,5
EEC EUROPE	320	60	2	3,8	1	100	0,4	0,4
NORTHERN EUROPE	30	60	2	0,4	1	80	0,03	0,04
CENTRAL EUROPE	115	60	5	3,5	1	90	0,3	0,33
SOVIET UNION	280	40	5	5,6	1	90	0,5	0,55
JAPAN	120	100	1,5	1,8	1	100	0,2	0,2
AUSTRALIA NEW ZEL	20	100	5	1	1	150	0,1	0,07
MEXICO	80	100	20	16	0,5	150	1,2	0,8
BRAZIL	145	100	23	34	0,7	140	3,3	2,3
LATIN AMERICA	190	100	40	75	0,7	120	6,3	5,25
SOUTHERN EUROPE	80	100	15	12	0,7	140	1,2	0,85
MIDDLE EAST	110	100	45	50	0,5	150	3,8	2,53
NORTHERN AFRICA	135	100	56	76	0,5	150	5,7	3,8
NIGERIA GABON	95	100	63	60	0,5	140	4,2	3
AFRICA	310	100	90	280	0,5	150	21	14
SOUTH AFRICA	35	100	17	6	0,7	150	0,6	0,4
INDIA	770	100	78	600	0,7	150	63	42
CHINA	1070	100	37	400	0,7	120	33,6	28
SOUTH KOREA	70	100	4	3	0,7	120	0,25	0,2
INDONESIA	175	100	80	140	0,7	150	14,7	9,8
ASIA OCEANIA	520	100	72	375	0,7	150	40	26,6
WORLD (MONDE)	4835			2150			200	142

**CARTE DES RESERVES
ANNUELLES D'ELECTRICITE
SOLAIRE DECENTRALISEE**

**MAP OF NINETIES
DECENTRALIZED SOLAR ANNUAL
RESERVES**



III. RESERVES ANNUELLES D'ELECTRICITE SOLAIRE SUR RESEAU

TECHNOLOGIE: Production thermodynamique ou photovoltaïque d'électricité par centrales solaires de 10 kW à 100 MW ou par systèmes domestiques (< 10 kW) raccordés au réseau; rendement de 10 à 15 % suivant la filière; durée de vie > 20 ans.

TYPE D'USAGE: Production d'électricité sur réseau dans les régions bien ensoleillées (> 1600 kWh/m²/an pour le photovoltaïque et > 1900 kWh/m²/an pour le thermodynamique); couverture de besoins supplémentaires d'été liés à l'ensoleillement (les besoins d'électricité d'été dans les Etats du Sud Ouest des USA sont de 7 TWh/mois plus importants que la moyenne mensuelle; ils pourraient être satisfaits par l'installation de 30 GW de centrales solaires produisant sur l'année 50 TWh).

ECONOMIE: Compétitivité avec les combustibles fossiles pendant les périodes de pointe (où le prix de revient du kWh dépasse 1,8 F).

- Centrales thermodynamiques mixtes 50% solaire - 50% gaz, rendement annuel 14% si ensoleillement > 1900 kWh/m²/an et 3000 h/an: 18 F/watt crête installé, 0,66 F/kWh;
- Centrales photovoltaïques: 30 à 60 F/watt crête installé, kWh de 1,5 à 4 F.

ESTIMATIONS DES RESERVES ANNUELLES:

A - "CONSO ELEC 1990": consommation d'électricité en 1990 dans chaque région.

B - "ZONES FAVORABLES": % de la consommation électrique dans des régions où existe une corrélation minimum entre besoins et périodes ensoleillées, et où l'ensoleillement est suffisant.

C - "MAX D'ELEC SOLAIRE": taux maximum d'électricité solaire acceptable par le réseau dans les régions au climat favorable; le caractère fluctuant de la ressource impose une limite à 15% de la production totale d'électricité.

D - "RESERVES ANNUELLES": AxBxC, réserve totale de chaque région, en TWh.

E - "PRODUCTIVITE": production annuelle régionale par kW crête installé (cf carte).

F - "PUISSANCE INSTALLEE": D/E, capacité totale installée dans chaque région.

III. GRID CONNECTED SOLAR ELECTRICITY ANNUAL RESERVES FOR 1990's

TECHNOLOGY: Thermodynamic or photovoltaic production of electricity: solar power plants (10kW-100MW) or domestic systems (< 10kW) connected to the grid; efficiency from 10 to 15% depending on technology; lifetime > 20 years.

TYPE OF USE: Electricity production on the grid in sunny regions (> 1600 kWh/m²/year for photovoltaics and > 1900 kWh/m²/year for thermodynamics); for example solar capacities can be designed to cover "extra needs" of electricity correlated with sunny periods (in SW USA summer monthly needs of electricity are 7 TWh higher than the mean value; a capacity of 30 GW could then be settled up to deliver 7 TWh/month during summer, that is 50 TWh/year).

ECONOMICS: competitiveness with fossil fuels assumed for regions where solar electricity is largely valorized during peak load periods (peak electricity costs > .3 \$/kWh).

- Solar - gas (50%-50%) thermal power plants are expected to achieve annual efficiencies of 14% for irradiation > 1900 kWh/m²/year in clear sky conditions (> 3000 hours of sun/year). W_{peak} investment price: 3\$/W; leveled energy cost: .11 \$/kWh.
- Photovoltaic power plants: W_{peak} investment price from 5 to 10 \$, kWh price from .3 \$ to .7 \$.

ANNUAL RESERVES ESTIMATION:

A "1990 ELEC CONS": 1990 electricity consumption for each region.

B - "CLIMATIC AREA": % of electricity consumption in regions where a minimum correlation between needs and sun takes place and solar radiation is sufficient.

C - "MAX ENERGY RATIO": solar energy maximum ratio in adequate climatic regions; a 15% limitation of solar electricity production is imposed due to the fluctuating character of the solar radiation.

D - "ANNUAL RESERVES": AxBxC, total annual reserve (TWh) of each region.

E - "PRODUCTIVITY": yearly regional production per settled kW (cf chart).

F - "CAPACITY": D/E, ie total capacity (GW) settled in each region.

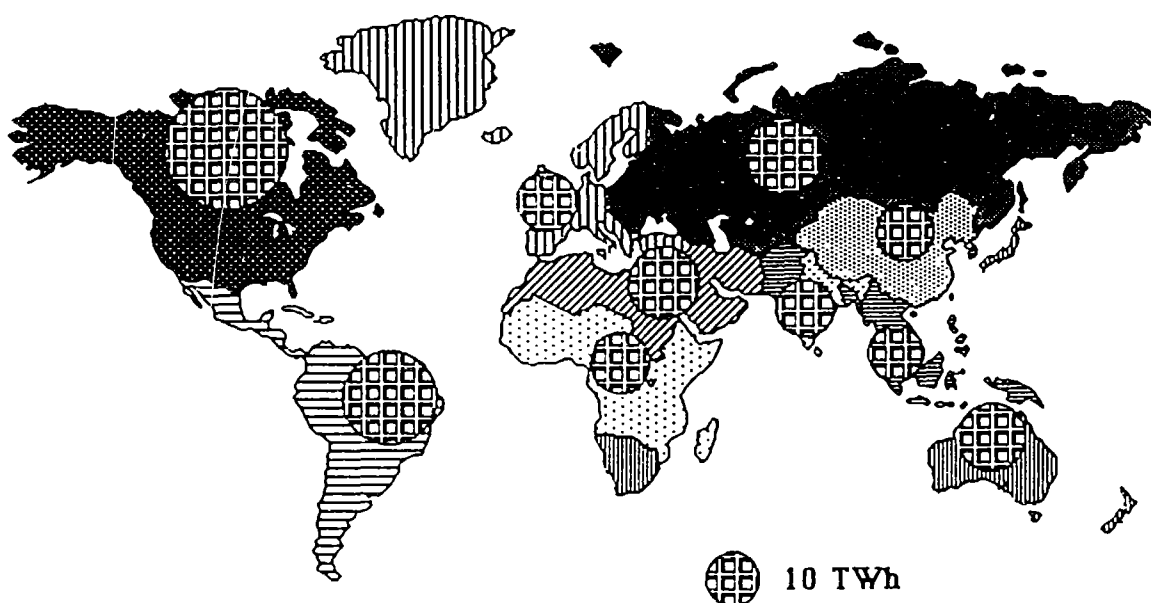
TABLEAU DES RESERVES
ANNUELLES D'ELECTRICITE
SOLAIRE SUR RESEAU

GRID CONNECTED SOLAR
ELECTRICITY ANNUAL RESERVES
FOR 1990's

AREA	ELECTRICITY CONS 1990	CLIMATIC AREA %	MAXENERGY RATIO %	ANNUAL RESERVES TWh	PRODUCTIVITY kWh/m ² /year	CAPACITY GW
REGION	CONSUMMATION ELEC 1990	% ZONES FAVORABLES	% MAXIMUM D'ELEC SOLAIRE	RESERVES ANNUELLES TWh	PRODUCTIVITE kWh/m ² /an	PUISSANCE INSTALLEE
CANADA	480	0		0		
UNITED STATES	2500	20	12	60	2000	30
EEC EUROPE	1620	5	10	8	1600	5
NORTHERN EUROPE	90	0		0		
CENTRAL EUROPE	110	0		0		
SOVIET UNION	1600	15	10	24	1600	15
JAPAN	620	5	10	3	1600	1,9
AUSTRALIA NEW ZEL	175	90	10	16	2000	8
MEXICO	110	90	12	12	1800	6,7
BRAZIL	210	70	10	15	1800	8,3
LATIN AMERICA	205	50	10	10	1700	6
SOUTHERN EUROPE	165	30	10	5	1600	3,1
MIDDLE EAST	140	90	12	15	2000	7,5
NORTHERN AFRICA	60	90	12	6	1800	3,3
NIGERIA GABON	15	80	10	1	1800	0,5
AFRICA	40	80	10	3	1900	6
SOUTH AFRICA	130	90	10	11	2000	5,5
INDIA	260	50	10	13	1800	7,2
CHINA	450	30	10	13	1600	8,1
SOUTH KOREA	130	10	10	1	1600	0,6
INDONESIA	40	60	10	2	1600	1,2
ASIA OCEANIA	150	60	10	9	1700	5,3
WORLD (MONDE)				227		129

CARTE DES RESERVES
ANNUELLES D'ELECTRICITE
SOLAIRE SUR RESEAU

MAP OF NINETIES GRID
CONNECTED SOLAR ANNUAL
RESERVES



IV. RESERVES ANNUELLES HYDROELECTRIQUES

TECHNOLOGIE: Production d'électricité par turbine hydraulique, souvent associée à des équipements d'irrigation.

TYPE D'USAGE: Centrales de base ou de pointe de quelques kW à 1000 MW.

ECONOMIE: Compétitivité assurée si l'électricité est transportée sur moins de 1000 km pour les plus grosses centrales, sur quelques dizaines de km pour les petites; investissements de 7,2 à 18 F/watt (souvent multi-usage).

ESTIMATION DES RESERVES ANNUELLES:

A - "PRODUCTIBILITE EXPLOITABLE": la productibilité exploitable est la part de la ressource théorique accessible dans les conditions techniques et économiques du moment (CME, Enquête sur les ressources énergétiques, 1989).

B - "% D'ACCES 90": l'accès réel à ce potentiel est limité dans chaque région d'abord par la présence de populations ou d'activités suffisamment proches des centrales et ensuite par des considérations écologiques; ce taux atteint 80 à 90% dans les pays du Nord (ex. USA) mais a été limité à 15% en Chine en raison des distances et de problèmes d'environnement.

C - "RESERVES ANNUELLES": AxB, réserves totales pour chaque région, en TWh.

D - "DEJA EQUIPES": production hydroélectrique de 1985 (Atlas Mondial de l'Énergie, Aditech, 1989).

IV. HYDRO POWER ANNUAL RESERVES FOR 1990's

TECHNOLOGY: Electricity production by water turbines often associated to agricultural irrigation equipment.

TYPE OF USE: Base load and peak load electrical power plants from a few kW to 1000 MW.

ECONOMICS: Competitivity assumed if electricity is used at distances less than 1000 km for the biggest power plants, less than a few tens of kms for little ones. Plants prices from 1.2 \$ < Wp < 3 \$ (often multipurpose investment).

ANNUAL RESERVES ESTIMATION:

A - "WORKABLE PRODUCTIVITY": World Energy Conference (WEC) derives workable productivity from the theoretical productivity as the component which is workable in present economical and technological conditions (1989 World Energy Survey, WEC).

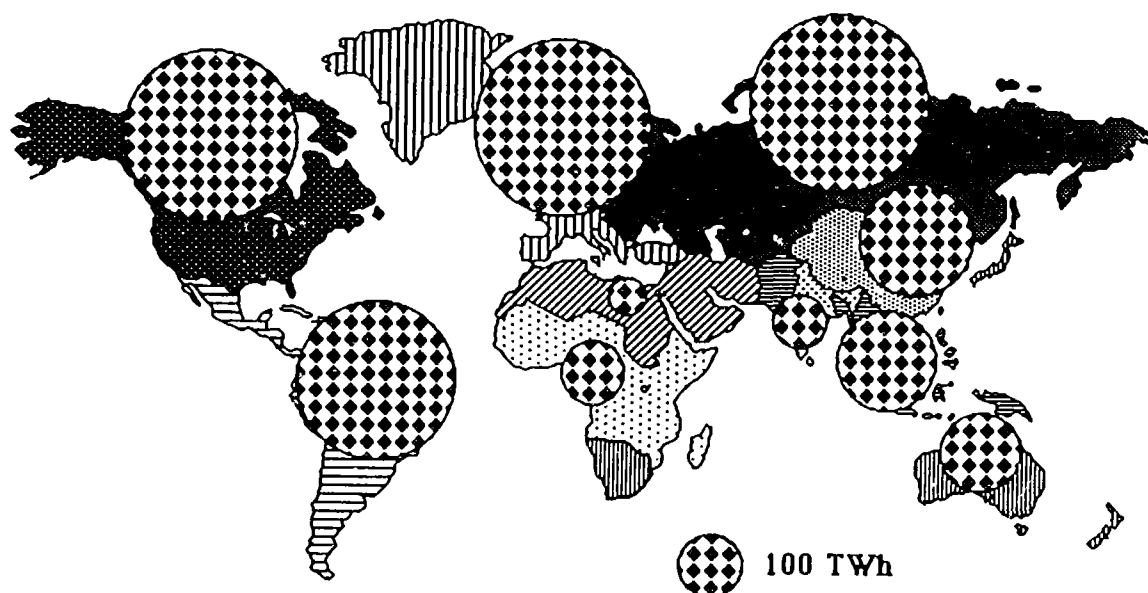
B - "NINETIES ACCESS": the real access to this potential is limited in each region first by the present needs of populations or activities near enough the power plants, second by ecological considerations. This ratio reaches 80 to 90% for North regions (ex. USA) but has been chosen as low as 15 % in China for example because of distance and environment problems.

C - "ANNUAL RESERVES": AxB, ie total annual reserves (TWh) for each region.

D - "ALREADY EQUIPED": 1985 hydroelectric production (World Energy Atlas, Aditech, 1989).

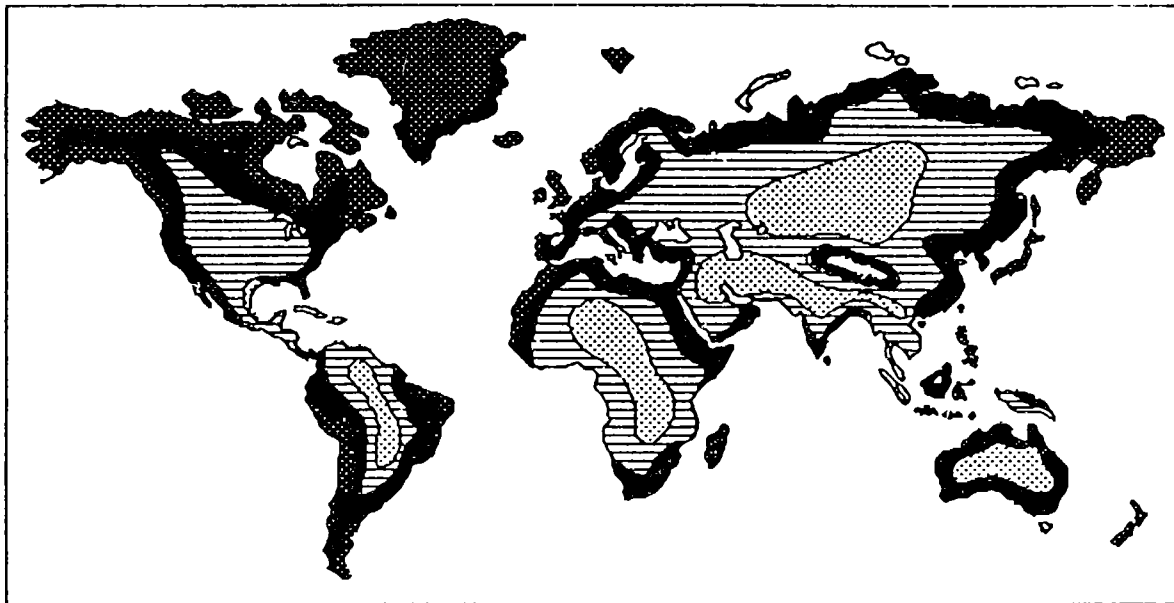
**TABLEAU DES RESERVES
ANNUELLES HYDROELECTRIQUES**
**HYDRO POWER ANNUAL
RESERVES FOR 1990's**


AREA	WORKABLE PRODUCTIVITY TWh	NINETIES ACCESS %	ANNUAL RESERVES TWh	ALREADY EQUIPED TWh
REGION	PRODUCTIBILITE EXPLOITABLE TWh	% D'ACCES ANNEES 90	RESERVES ANNUELLES TWh	DEJA EQUIPE TWh
CANADA	590	70	410	260
UNITED STATES	376	95	357	342
EEC EUROPE	367	80	290	185
NORTHERN EUROPE	442	80	353	256
CENTRAL EUROPE	64	80	50	45
SOVIET UNION	3830	20	766	184
JAPAN	132	80	105	81
AUSTRALIA NEW ZEL	84	60	50	36
MEXICO	172	50	86	27
BRAZIL	751	40	300	180
LATIN AMERICA	1790	15	270	103
SOUTHERN EUROPE	300	50	150	40
MIDDLE EAST	70	30	21	9
NORTHERN AFRICA	18	70	13	12
NIGERIA GABON	80	20	16	5
AFRICA	620	15	93	36
SOUTH AFRICA	3	80	2	0
INDIA	205	40	80	50
CHINA	2170	15	325	95
SOUTH KOREA	14	80	11	9
INDONESIA	710	15	105	5
ASIA OCEANIA	680	20	130	67
WORLD (MONDE)	13468		3990	2030


**CARTE DES RESERVES
ANNUELLES D'ELECTRICITE
HYDRAULIQUE**
**MAP OF NINETIES HYDRO
POWER ANNUAL RESERVES**


CARTE DES RESSOURCES
EOLIENNES ANNUELLES


MAP OF WIND ENERGY ANNUAL
RESOURCES




 > 5000 kWh / kW /year

 750 to 2250

 3750 to 5000

 < 750 kWh

 2250 to 3750

V. RESERVES ANNUELLES D'ELECTRICITE EOLIENNE DECENTRALISEE

TECHNOLOGIE: Eoliennes de 100 W à 20 kW et batteries électriques; productivité annuelle moitié de celle donnée par la carte du DOE qui suppose des machines de 300 W/m² de surface balayée; durée de vie > 10 ans.

TYPE D'USAGE: Petites applications domestiques ou agricoles, maisons isolées, pompage de l'eau et irrigation, phares et balises, etc.

ECONOMIE: Compétitivité avec le raccordement au réseau dans les régions peu denses de faibles besoins (500 kWh/an); coût d'installation de 12 à 50 F/Wc; coût du kWh de 0,9 à 3 F.

ESTIMATION DES RESERVES ANNUELLES:

"POPULATION"

A - "TOTALE": population de chaque région en 1990.

B - "ZONES FAVORABLES": % de la population située en zone climatique favorable; par ex. 10% de la population du Canada est située dans les régions rurales NO et NE où la productivité est de 5000 kWh par kW installé.

C - "HORS RESEAU": % de la population non raccordée au réseau électrique.

D - "POPULATION CONCERNEE": AxBxC, population totale concernée par la filière.

"SYSTEME EOLIEN"

E - "BESOINS": les besoins en électricité par habitant sont supposés dépendre de la taille de la famille:

200 kWh/an par habitant dans les régions où la famille comprend moins de 3,5 personnes,
150 " de 3,5 à 5 personnes,
100 " plus de 5 personnes.

F - "PRODUCTIVITE": production annuelle

V. DECENTRALIZED WIND ELECTRICITY ANNUAL RESERVES

TECHNOLOGY: wind turbines (100W-20 kW) and electrical batteries. System annual energy productivity assumed to be 50% of the DOE productivity chart per kW which assumes 300 W/m² machines; life time >10 years.

TYPE OF USE: small domestic or agricultural applications, stand alone houses, water pumping and irrigation, lighthouses, beacons, etc.

ECONOMICS: competitiveness with grid connection assumed for low population density areas and low annual needs (500 kWh/year); wind system price: 2 \$ < Wp < 8\$; energy price: .15 \$ < kWh < .5 \$.

ANNUAL RESERVES ESTIMATION:

"POPULATION"

A - "TOTAL": 1990 population of each region.

B - "CLIMATIC AREA": % of population located in adequate climatic areas. Ex: 10% of Canada population is located in the NW and NE rural regions where annual wind productivity per kW is 5000 kWh (DOE chart).

C - "OFF GRID ": % of population with no access to the electrical grid.

D - "CONCERNED POPULATION": AxBxC, ie total population concerned with this application.

"WIND SYSTEM"

E - "NEEDS": electrical needs per capita are assumed to be family size dependant:

200 kWh/year for regions where mean family size is < 3,5 people,
150 " 3,5 to 5 people,
100 " over 5 people.

F - "PRODUCTIVITY": yearly energy

**TABLEAU DES RESERVES
ANNUELLES D'ELECTRICITE
EOLIENNE DECENTRALISEE**

**DECENTRALIZED WIND
ELECTRICITY ANNUAL RESERVES
FOR 1990's**

AREA	POPULATION 1990 (million inhabitants)			WIND SYSTEM		ANNUAL RESERVES TWh	CAPACITY GW
	TOTAL	CLIMATIC AREA %	OFF GRID %	CONCERNED POPULATION	NEEDS kWh/inhab		
REGION	POPULATION 1990 (millions d'habitants)			SYSTEME EOLIEN		RESERVES ANNUELLES TWh	PUISSANCE INSTALLEE GW
	Totale	% de zones favorables	Hors réseau %	Population concernée	Besoins kWh/habitant	Productivité kWh/kW/an	
CANADA	25	10	4	0,1	200	2500	0,02 0,01
UNITED STATES	240	10	2	0,5	200	1800	0,1 0,05
EEC EUROPE	320	30	2	2	200	2500	0,4 0,15
NORTHERN EUROPE	30	40	2	0,2	200	2500	0,04 0,015
CENTRAL EUROPE	115	10	5	0,6	200	1000	0,12 0,12
SOVIET UNION	280	20	5	2,8	200	1000	0,56 0,56
JAPAN	120	60	1,5	1	200	2200	0,2 0,09
AUSTRALIA NEW ZEL	20	50	5	0,5	200	1800	0,1 0,05
MEXICO	80	10	20	0,8	100	1500	0,08 0,05
BRAZIL	145	10	23	3,3	150	1800	0,5 0,28
LATIN AMERICA	190	20	40	15	150	2200	2,25 1
SOUTHERN EUROPE	80	20	15	0,2	150	1300	0,03 0,02
MIDDLE EAST	110	10	45	5	100	1300	0,5 0,4
NORTHERN AFRICA	135	10	56	7,6	100	1500	0,76 0,5
NIGERIA GABON	95	10	63	6	100	1000	0,6 0,6
AFRICA	310	10	90	28	100	1300	2,8 2,15
SOUTH AFRICA	35	20	17	1,1	150	1300	0,16 0,12
INDIA	770	20	78	120	150	1300	18 13,8
CHINA	1070	20	37	79	150	2000	18 9
SOUTH KOREA	70	50	4	1,4	150	1300	0,2 0,15
INDONESIA	175	20	80	28	150	1200	4,2 3,5
ASIA OCEANIA	520	20	72	75	150	1200	11 9
WORLD (MONDE)	4938			378			61 41

**CARTE DES RESERVES
ANNUELLES D'ENERGIE EOLIENNE
DECENTRALISEE DES ANNEES 90**

**MAP OF NINETIES
DECENTRALIZED WIND ENERGY
ANNUAL RESERVES**



VI. RESERVES ANNUELLES D'ELECTRICITE EOLIENNE SUR RESEAU

TECHNOLOGIE: "Fermes" regroupant des éoliennes de 50 à 300 kW raccordées au réseau; productivité annuelle de 80% de la productivité indiquée par la carte du DOE (ci-jointe) qui suppose des machines de 300 W/m² balayé; durée de vie > 15 ans.

TYPE D'USAGE: Production d'électricité sur réseau dans des régions ventées (régions de plus de 3500 kWh/kW sur la carte du DOE), sans compétition d'usage des sols ni problème d'environnement pour des taux d'équipement limités (voir IV.C)

ECONOMIE: Compétitivité par rapport aux combustibles fossiles assurée dans les régions ventées;
coût d'installation de 9 à 12 F/Wc;
coût du kWh de 0,4 à 0,9 F.

ESTIMATION DES RESERVES ANNUELLES:

A - "CONSO ELEC 1990": consommation d'électricité en 1990 dans chaque région.

B - "ZONES FAVORABLES": % de la consommation électrique dans des régions ventées (> 3500 kWh/kW); en Grande-Bretagne par exemple, 80% de l'électricité est consommée près de régions où la productivité éolienne est supérieure à 3500 kWh/kW.

C - "MAX ELEC EOLIENNE": taux maximum d'électricité éolienne acceptable par le réseau dans les régions au climat favorable; le caractère fluctuant de la ressource impose une limite à 15% de la production totale d'électricité des régions ventées.

D - "RESERVES ANNUELLES": $A \times B \times C$, réserve totale de chaque région, en TWh.

VI. GRID CONNECTED WIND ELECTRICITY ANNUAL RESERVES

TECHNOLOGY: Wind farms of 50 to 300 kW machines connected to the grid. Annual productivity assumed to be 80% of the DOE productivity per kW chart which assumes 300 W/m² machines (see attached map); life time > 15 years.

TYPE OF USE: Electricity production on the grid in windy regions (> 3500 kWh/kW regions of the DOE chart), with no room competition and no environment problems for limited equipment ratio (see IV.C).

ECONOMICS: Competitiveness assumed with fossil fuels for windy regions;
system price: 1.5 \$ < Wp < 2 \$;
energy price: .07 \$ < kWh < 0.15\$.

ANNUAL RESERVES ESTIMATION:

A - "1990 ELEC CONS": 1990 electricity consumption for each region.

B - "CLIMATIC AREA": % of electricity consumption in adequate climatic regions (> 3500 kWh/kW). Ex: in UK 80 % of the electricity is consumed near areas where annual productivity is > 3500 kWh/kW.

C - "MAX ENERGY RATIO": Because of the fluctuating character of the produced electricity, wind farms are designed to cover a maximum of 15 % of the electrical production of regions where annual potential is > 3500 kWh/kW.

D - "ANNUAL RESERVES : $A \times B \times C$, ie total annual reserves (TWh).

**TABLEAU DES RESERVES
ANNUELLES D'ELECTRICITE
EOLIENNE SUR RESEAU**

**GRID CONNECTED WIND
ELECTRICITY ANNUAL RESERVES
FOR 1990's**

AREA	ELECTRICITY CONS 1990	CLIMATIC AREA (%)	MAX ENERGY RATIO %	ANNUAL RESERVES TWh	PRODUCTIVITY kWh/kWp	CAPACITY GW
REGION	Consommation élec 1990	% Zones favorables	% Maximum d'élec éolienne	Réserves annuelles TWh	Productivité kWh/kW/an	Puissance Installée
CANADA	480	20	15	15	4000	3,8
UNITED STATES	2500	20	12	60	3500	17,1
EEC EUROPE	1620	30	15	58	4000	14,5
NORTHERN EUROPE	90	40	15	5,4	4000	1,35
CENTRAL EUROPE	110	0		0		
SOVIET UNION	1600	5	10	8	3500	2,2
JAPAN	620	60	10	36	4000	9
AUSTRALIA NEW ZEL	175	50	10	8,8	3500	2,51
MEXICO	110	0		0		
BRAZIL	210	5	10	1	4000	0,25
LATIN AMERICA	205	20	10	4	4000	1
SOUTHERN EUROPE	165	0		0		0
MIDDLE EAST	140	0		0		0
NORTHERN AFRICA	60	0		0		0
NIGERIA GABON	15	0		0		0
AFRICA	40	5	10	0,2	4000	0,05
SOUTH AFRICA	130	10	10	1,3	3500	0,37
INDIA	260	20	10	5,2	3500	1,5
CHINA	450	20	10	9	3500	2,6
SOUTH KOREA	130	0		0		0
INDONESIA	40	0		0		0
ASIA OCEANIA	150	0		0		0
WORLD (MONDE)	9300			212		55

**CARTE DES RESERVES
ANNUELLES D'ELECTRICITE
EOLIENNE SUR RESEAU**

**MAP OF NINETIES GRID
CONNECTED WIND ELECTRICITY
ANNUAL RESERVES**



VII. RESERVES ANNUELLES DE BOIS ENERGIE

TECHNOLOGIE: Récolte de la part annuellement renouvelée des forêts existantes: combustion de bûches, briquettes et plaquettes, charbon de bois et gazéification.

TYPE D'USAGE: Deux catégories principales d'usage du bois ont été prises en compte, en cohérence avec les valeurs du CME:

"Bois non commercialisé" qui correspond aux usages traditionnels du bois collecté familialement, le plus souvent brûlé dans des foyers ouverts avec un très mauvais rendement (< 15%) pour la cuisine, l'éclairage ou le chauffage domestique.

"Bois commercialisé" qui correspond aux utilisations modernes et efficaces du bois (bûches, briquettes, plaquettes, gazéification) dans des chaudières (jusqu'à 70% de rendement) ou des turbines à gaz pour l'industrie locale et l'approvisionnement énergétique.

Ces deux catégories de bois-énergie sont issues de la même "réserve renouvelable de bois-énergie", mais présentent des caractéristiques très différentes en ce qui concerne l'efficacité énergétique et les effets sur l'environnement (voir chapitre IV et annexe 3) comme résumé ci-dessous:

	Efficacité	Emissions en C équivalent
"Bois non commercialisé"	<15%	1 tonne/tep
"Bois commercialisé"	60 à 75%	0,2 à 0,35 tonne/tep

ECONOMIE: Compétitivité assurée avec les combustibles fossiles dans les régions proches de forêts (distance < 200 km).

ESTIMATION DES RESERVES ANNUELLES:

A - "RESSOURCES TOTALES DE BOIS": récolte annuelle potentielle totale de bois estimée à partir des surfaces et de la productivité de différents types de forêts (tableau V):

VII. ENERGY FROM WOOD ANNUAL RESERVES

TECHNOLOGY: Harvesting of the renewable part of existing forestry: direct wood logs, wood briquets and pellets, charcoal or wood gas burning.

TYPE OF USE: Two main categories of wood use have been considered which are rather consistent with WEC figures:

"Non commercial wood" which corresponds to the traditional use of family harvested wood, mostly burned in open fires with very poor efficiency (< 15%) for domestic cooking, lighting and heating.

"Commercial wood" which corresponds to the modern and efficient use of wood (logs, briquets, pellets, wood gas) in boilers, steam generators (efficiency up to 70%) or gas turbines for domestic industrial and energy supply purpose.

These two categories of wood are collected from the same "wood energy reserve", but concerning efficiency and environment issue they present very different characteristics (cf chap. IV and annex 3) which are summarized below:

	Efficiency	C equiv emissions
"Non commercial wood"	<15%	1ton/toe
"Commercial wood"	60 to 75 %	.2 to .35 ton/toe

ECONOMICS: Competitivity assumed with fossil fuels in regions near forest areas (distance < 200 km).

ANNUAL RESERVES ESTIMATION:

A - "TOTAL WOOD RESOURCES": total renewable wood annual potential harvest estimated from surfaces and productivities of different types of forests (table V):

Type 1: forêt tropicale humide produisant 8 t/ha par an de bois sec

Type 2: forêt tropicale sèche	"	1,5 "
Type 3: savane, maquis	"	1 "
Type 4: forêt tempérée	"	3 "
Type 5: taïga	"	2 "

B - "BOIS ENERGIE": % de ce potentiel qui n'est pas en compétition avec les usages du bois matière première ou matériau (pâte à papier, grumes, etc).

C - "ACCESSIBILITE": % de ce bois énergie qui est raisonnablement accessible (distance, montagnes) et convient pour des utilisations domestiques, artisanales ou industrielles locales (par ex. 20% au Brésil).

D - "RESERVES ANNUELLES": $0,44 \times A \times B \times C$, réserves annuelles totales de bois en Mtep (en supposant que une tonne de bois sec est équivalent à 0,44 tep).

Type 1: Rain tropical forest: 8 tons/ha /year of dry wood production.

Type 2: Dry tropical forest:	1,5 "
Type 3: Savanna, maquis:	1 "
Type 4: Temperate forest:	3 "
Type 5: Taïga:	2 "

B - "ENERGY WOOD": % of this potential not in competition with raw materials (wood pulp, timber, etc).

C - "ACCESSIBILITY": % of that energy wood which is at present actually accessible (distance, mountains) and fit for use by industrial and domestic activities of neighbouring populations (ex: Brazil 20%).

D - "ANNUAL RESERVES": $.44 \times A \times B \times C$, total annual reserves of wood in Mtoe (assuming that 1 ton of dry wood = .44 toe).

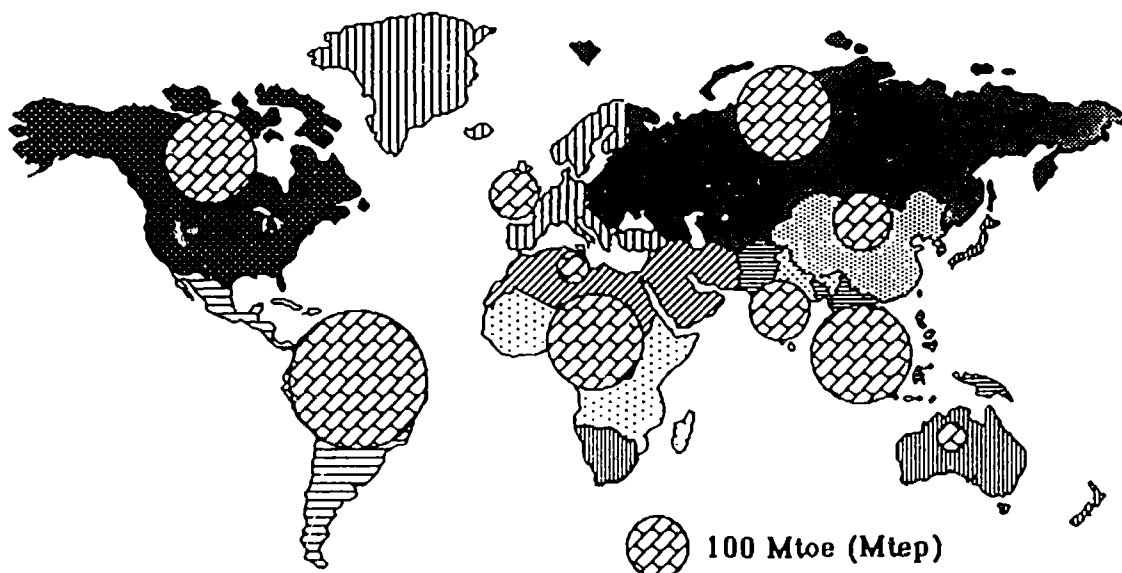
TABLEAU DES RESSOURCES
TOTALES DE BOIS ENERGIE

TOTAL WOOD ENERGY
RESOURCES

AREA Mha	TOTAL FOREST AREA	TYPE 1 AREA	TYPE 2 AREA	TYPE 3 AREA	TYPE 4 AREA	TYPE 5 AREA	TOTAL Mtons DRY WOOD
REGION Mha	Surface totale forêts	Type1 surf	Type2 surf	Type3 surf	Type4 surf	Type 5 surf	Total bois sec Mtonnes
CANADA	326				46	280	820
UNITED STATES	265		5		130	130	660
EEC EUROPE	54			15	35	4	130
NORTHERN EUROPE	62				12	50	135
CENTRAL EUROPE	28				18	10	75
SOVIET UNION	935			70	105	760	1900
JAPAN	25				25	75	75
AUSTRALIA NEW ZEL	21	5	10		6	75	75
MEXICO	45	15	15	15			158
BRAZIL	563	450	50	40	23		3780
LATIN AMERICA	377	120	80	30	80	67	1480
SOUTHERN EUROPE	30			30			30
MIDDLE EAST	22			22			22
NORTHERN AFRICA	58		20	38			70
NIGERIA GABON	35	15	20				150
AFRICA	601	210	330	61			2235
SOUTH AFRICA	4			4			4
INDIA	67	40	27				360
CHINA	138				100	38	380
SOUTH KOREA	9	2	7				26
INDONESIA	121	100	21				830
ASIA OCEANIA	318	100	70	60	38	50	1185
WORLD (MONDE)	4105	1057	655	385	618	1389	14600

RESERVES ANNUELLES DE
BOIS ENERGIEENERGY FROM WOOD
ANNUAL RESERVES FOR 1990's

AREA	TOTAL WOOD RESSOURCES Mtons	ENERGY WOOD %	ACCESS RATIO %	ANNUAL RESERVES Mtoe
REGION	Ressources totales de bois Mt	% de bois énergie	Accessibilité %	Réserves annuelles Mtep
CANADA	820	50	65	114
UNITED STATES	660	50	75	100
EEC EUROPE	130	50	80	24
NORTHERN EUROPE	135	50	80	26
CENTRAL EUROPE	75	50	80	11
SOVIET UNION	1900	50	55	216
JAPAN	75	50	70	11
AUSTRALIA NEW ZEL	75	50	50	5
MEXICO	160	70	35	28
BRAZIL	3800	70	25	280
LATIN AMERICA	1500	70	25	176
SOUTHERN EUROPE	30	70	70	5
MIDDLE EAST	20	70	80	6
NORTHERN AFRICA	70	70	80	16
NIGERIA GABON	150	70	50	23
AFRICA	2250	70	35	247
SOUTH AFRICA	4	70	80	1
INDIA	360	70	80	87
CHINA	380	70	75	85
SOUTH KOREA	25	70	80	6
INDONESIA	830	70	30	101
ASIA OCEANIA	1190	70	35	142
WORLD (MONDE)	14600			1710

CARTE DES RESERVES
ANNUELLES DE BOIS ENERGIE
DANS LES ANNEES 90MAP OF NINETIES WOOD
ENERGY ANNUAL RESERVES

VIII. RESERVE ANNUELLE D'ENERGIE DES DECHETS URBAINS

TECHNOLOGIE: Production de biogaz, de chaleur, ou d'électricité à partir des déchets urbains.

TYPE D'USAGE: Chauffage urbain, production d'électricité sur réseau, gaz associé à la production de compost.

ECONOMIE: Compétitivité assurée, en particulier si des considérations d'environnement sont prises en compte, pour des villes de > 10 000 habitants.

ESTIMATION DES RESERVES ANNUELLES:

A - "POPULATION": population totale de 1990 par région.

B - "POPULATION URBAINE": population urbaine de chaque région (villes > 10 000).

C - "DECHETS PAR HABITANT": la quantité de déchets par habitant est supposée dépendre de la taille des ménages et du niveau de développement:

0,3 tonne par habitant dans les régions où la famille regroupe moins de 3,5 personnes,
0,1 tonne " de 3,5 à 5 personnes,
0,05 tonne " plus de 5 personnes.

D - "RESERVES ANNUELLES en Mtonnes": $B \times C$ est la quantité totale de déchets urbains utilisables annuellement.

E - "RESERVES ANNUELLES en Mtep": $0,1 \times D$, réserve énergétique des déchets urbains dans chaque région.

VIII. ENERGY FROM URBAN WASTE ANNUAL RESERVES FOR 1990'S

TECHNOLOGY: Biogas, heat production, electricity production in power plants from urban waste.

TYPE OF USE: District heating, electricity production on the grid, gas often associated with compost production.

ECONOMICS: Competitiveness assumed specially when environment considerations are involved, for population concentrations > 10 000 inhabitants.

ANNUAL RESERVES ESTIMATION:

A - "POPULATION": 1990 total population of each region.

B - "URBAN POPULATION": urban population of each region (population concentrations > 10 000 inhabitants).

C - "WASTE PER CAPITA": waste per capita are assumed to be family size and development degree dependant:

.3 ton per capita for regions where mean family size is < 3,5 people,
.1 ton " 3,5 to 5 people,
.05 ton " over 5 people.

D - "ANNUAL RESERVES Mton": $B \times C$ is the workable quantity of annual urban waste.

E - "ANNUAL RESERVE Mtoe": $.1 \times D$, ie the total urban waste annual reserve for each region.

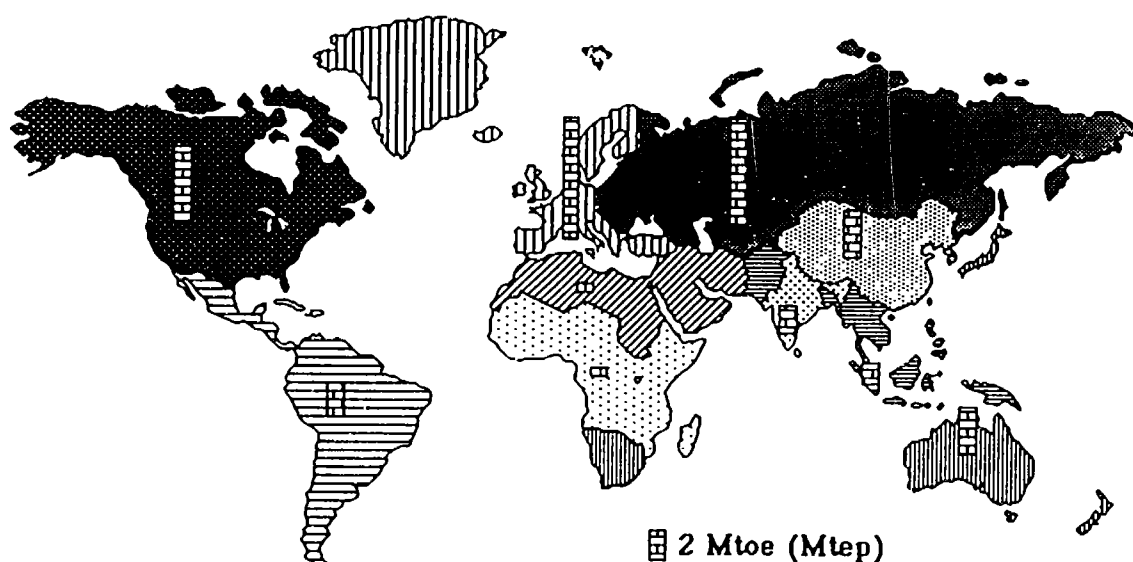
**TABEAU DES RESERVES
ENERGETIQUES ANNUELLES DES
DECHETS URBAINS**

**ENERGY FROM URBAN WASTE
RESERVES FOR 1990'S**

AREA	POPULATION 1990 (millions Inhab)	URBAN POPULATION (millions Inhab)	WASTE PER CAPITA (tons)	ANNUAL RESERVE (Mtons)	ANNUAL RESERVE (Mtoe)
REGION	Population des années 90 (Mhab)	Population urbaine (Mhab)	Déchets par hab (tonnes)	Réserve annuelle (Mt)	Réserve annuelle (Mtep)
CANADA	25	19	0,3	5,7	0,5
UNITED STATES	239	177	0,3	53	5,3
EEC EUROPE	320	256	0,3	77	7,7
NORTHERN EUROPE	30	20	0,3	6	0,6
CENTRAL EUROPE	115	72	0,3	21,6	2,2
SOVIET UNION	280	182	0,3	5,4	5,4
JAPAN	120	91	0,3	27	2,7
AUSTRALIA NEW ZEL	20	17	0,3	5,1	0,5
MEXICO	80	56	0,05	2,8	0,3
BRAZIL	145	99	0,1	9,9	1
LATIN AMERICA	190	112	0,1	11,2	1,1
SOUTHERN EUROPE	80	37	0,1	3,7	0,4
MIDDLE EAST	110	60	0,05	3	0,3
NORTHERN AFRICA	135	57	0,05	2,9	0,3
NIGERIA GABON	95	27	0,05	2,8	0,3
AFRICA	310	71	0,05	3,5	0,3
SOUTH AFRICA	35	20	0,1	2	0,2
INDIA	770	192	0,1	19,2	1,9
CHINA	1070	342	0,1	34,2	3,4
SOUTH KOREA	70	48	0,1	4,8	0,5
INDONESIA	175	39	0,1	3,9	0,4
ASIA OCEANIA	520	135	0,1	13,5	1,4
WORLD (MONDE)	4935	2129			38

**CARTE DES RESERVES
ANNUELLES DE DECHETS URBAINS
DES ANNEES 90**

**MAP OF NINETIES URBAN
WASTE ANNUAL RESERVES**



IX. RESERVES ANNUELLES D'ENERGIE DES DECHETS RURAUX

TECHNOLOGIE: Combustion des déchets agricoles ou production de biogaz à partir de déchets d'élevage ou agricoles.

TYPE D'USAGE: Applications domestiques ou agricoles de chauffage, éclairage cuisine et motorisation.

ECONOMIE: Compétitivité assurée par rapport aux combustibles fossiles dans les régions rurales, renforcée en cas de dépollution imposée par la taille des élevages.

ESTIMATION DES RESERVES ANNUELLES:

Les quantités de déchets sont estimées à partir des données sur les principales productions agricoles, de ratio déchets/production, de taux d'accès (compétition avec d'autres usages) et de contenu énergétique. Le tableau ci-après donne ces caractéristiques pour 9 productions importantes:

	WASTE/ GRAIN	ACCESS	WORKABLE
	MEAN RATIO	RATIO (%)	PRODUCTIVITY (toe/ton)
	RAPORT MOYEN	%	PRODUCTIVITE ENERGIE
	DECHET/ GRAIN	UTILISABLE	(tep/tonne)
WHEAT (blé)	0,8	30 to 50	0,10 to 0,15
CEREALS (céréales)	1	30 to 50	0,12 to 0,17
IND CORN (maïs)	1,2	30	0,15
RICE (riz)	2	30 to 50	0,2 to 0,24
S CANE (canne à sucre)	3	50 to 60	0,07 to 0,08
GRAPE (raisin)		60	0,1
BOVINS (bovins)		30	0,08
OVINS (ovins)		30	0,01
SWINE (porcs)		30	0,02

Exemples:

Chaque tonne de canne à sucre donne 0,3 tonne de bagasse dont 50 à 60% peuvent être valorisées énergétiquement; il y a donc 0,15 à 0,18 tonne de déchets par tonne de produit, qui peuvent produire 0,07 à 0,08 tep.

Chaque bovin produit des déchets équivalents à 0,25 tep par an; si 30% de ces déchets sont réellement accessibles, la productivité énergétique est de 0,08 tep par bovin.

Note: Les ratios paille/grains peuvent varier dans une large proportion; pour le riz par exemple il varie de 1 à 6 selon les variétés. Nous avons retenu une valeur moyenne.

IX. ENERGY FROM RURAL WASTE ANNUAL RESERVES FOR 1990's

TECHNOLOGY: Burning of agricultural waste or biogas making from agricultural and animal waste.

TYPE OF USE: Domestic or agricultural applications including house heating, lighting, cooking and motoring.

ECONOMICS: Competitivity assumed with fossil fuels for rural areas, reinforced when depollution is necessary (if large batteries of cattle are involved).

ANNUAL RESERVES ESTIMATION:

Waste reserves are derived from production data of each main agricultural product, waste to product ratio evaluation, accessibility ratio (competition with other uses) and energy productivity. The attached board gives these characteristics for 9 main products:

Exemples:

Sugar cane line; each ton of sugar cane gives .3 tons of bagass . 50 to 60% of this bagass is accessible for energy use , that is .15 to .18 ton/ton which produce .07 to .08 toe.

Bovins: each bovin produces a waste quantity equivalent to .25 toe per year, 30% of these waste are assumed to be really accessible, and so workable productivity is .08 toe per bovin.

Nota: Waste/grain ratio may vary in large proportions; from 1 to 6 for rice for example depending on species. Mean values have been taken in account.

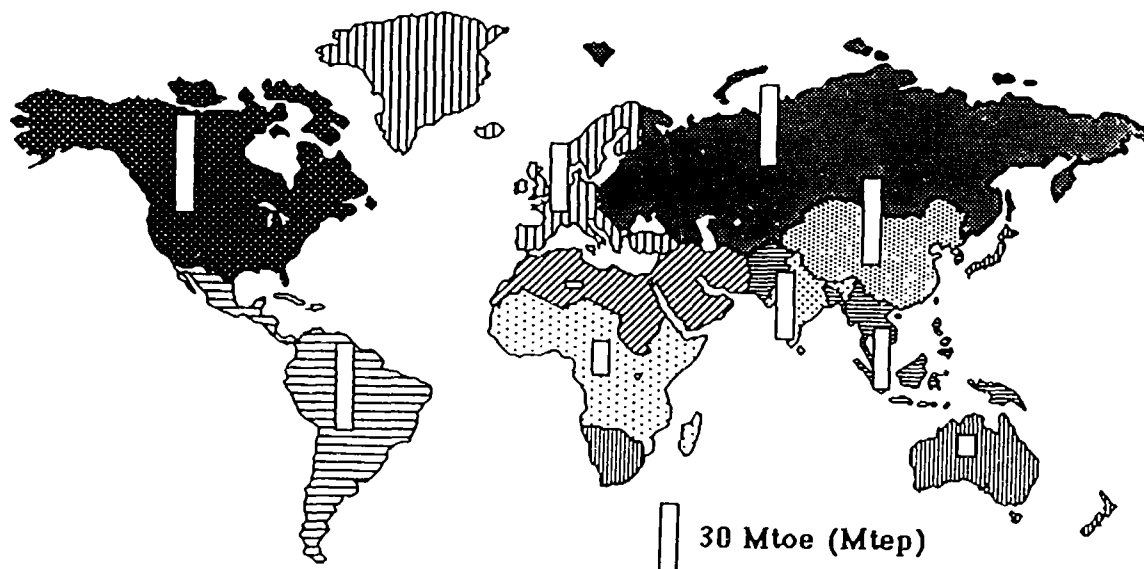
TABLEAU DES RESERVES ENERGETIQUES ANNUELLES DES DECHETS RURAUX

RURAL WASTE ANNUAL RESERVES FOR 1990's

AREA	WHEAT Mtons	Mtoe	CEREALS Mtons	Mtoe	IND CORN Mtons	Mtoe	RICE Mtons	Mtoe	S CANE Mtons	Mtoe	GRAPE Mtons	Mtoe	BOVINS millions	Mtoe	OVINS millions	Mtoe	SWINE millions	Mtoe	TOTAL Mtoe	
REGION	BLE Mt	Mtep	CEREALES Mt	Mtep	MAIS Mt	Mtep	RIZ Mt	Mtep	CANNEA Mt	Mtep	RAISIN Mt	Mtep	BOVINS millions	Mtep	OVINS millions	Mtep	PORCES millions	Mtep	TOTAL Mtep	
CANADA	24	3	21	3	8	1											10	0,2	7,2	
UNITED STATES	56	6	37	4	190	30	7	2	30	2,4	2	0,2	100	8			55	1,1	53,7	
EEC EUROPE	65	7	83	10	20	3	2	0,4			20	2	80	7	100	1	105	2	32,4	
NORTHERN EUROPE			3	0,4									10	0,2	10	0,1	5	0,1	1,4	
CENTRAL EUROPE	30	3	20	3	30	4					2	0,2	30	2,4	30	0,3	55	1,1	14	
SOVIET UNION	90	10	80	10	16	2					2	0,2	120	10	150	1,5	80	1,6	35,3	
JAPAN							15	4										12	0,2	4,2
AUSTRALIA NEW ZEL	15	2	5	0,7					30	2,4			22	1,8	230	2,3	15	0,3	9,5	
MEXICO	5	0,5	5	0,4	11	1,5			40	3			33	3	0		35	0,7	9,1	
BRAZIL	5	0,5	3	0,4	26	3,5	11	2	240	19			140	11	20	0,2	8	0,1	36,7	
LATIN AMERICA	20	2	5	0,7	7	1			45	3,5	1	0,1	105	8	60	0,6	10	0,2	16,1	
SOUTHERN EUROPE	20	2	5	0,7	10	1,5					2	0,2	20	1,6	45	0,4			6,4	
MIDDLE EAST	5	0,5	4	0,5		0							15	1,3	45	0,4			2,7	
NORTHERN AFRICA	5	0,5	4	0,5	2	0,3							10	0,8	50	0,5			2,6	
NIGERIA GABON			8	1			2	0,4					12	0,9	15	0,1			2,4	
AFRICA			15	2	30	4	8	2	3	0,2			110	9	50	0,5			17,7	
SOUTH AFRICA					12	1,5	0		20	1,5	1	0,1	10	0,8	30	0,3			4,2	
INDIA	55	6	30	4	6	1	107	24	200	16			200	16	60	0,6	10	0,2	67,8	
CHINA	90	9	4	0,5	77	11	180	40	60	4,5			80	7	100	1	350	7	80	
SOUTH KOREA					0	0	12	2,4	2	0,2			2	0,1	0				2,7	
INDONESIA					7	1	40	10	22	1,7			0	0	0				12,7	
ASIA OCEANIA	35	4	21	3	15	2	90	22	85	6,5			100	8	95	0,9			46,4	
WORLD (MONDE)	520	56	353	45	467	68	475	109	777	61	30	3	1270	98	1090	11	750	15	466	

CARTE DES RESERVES ANNUELLES DE DECHETS AGRICOLES DES ANNEES 90

MAP OF NINETIES RURAL WASTE ANNUAL RESERVE



X. RESERVES ANNUELLES DES CULTURES ENERGETIQUES

TECHNOLOGIE: Culture à des fins énergétiques de plantes dans des régions où elles ne sont pas en compétition avec les besoins de l'alimentation. Dans un premier temps on ne considère que la forêt cultivée (taillis à courte rotation, cycles de 7 à 10 ans) et la canne à sucre.

TYPE D'USAGE: Substitution aux combustibles fossiles, charbon ou pétrole par le bois, essence par l'éthanol.

ECONOMIE: Compétitivité assurée avec les combustibles fossiles dans les régions où la productivité des cultures énergétiques est meilleure que 4 tep par hectare pour le bois, et 3 tep/ha pour la canne à sucre, et qui importent leurs combustibles fossiles.

ESTIMATION DES RESERVES ANNUELLES:

Les réserves des cultures énergétiques sont déduites des données sur les terres arables, sur la productivité des cultures, sur la part des surfaces cultivables dans ce but et sur le contenu énergétique des productions.

PRODUCTIVITE: Le tableau ci-après donne les productivités envisagées pour le bois et la canne à sucre:

	PRODUCTIVITY tons/hectare <i>Productivité tonne/hectare</i>	PRODUCTIVITY toe/ton <i>Productivité tep/tonne</i>	WORKABLE PRODUCTIVITY toe/ha <i>Productivité énergétique tep/hectare</i>
Short rotation bushes <i>Taillis à courte révolution</i>	7 to 10	0,44	3 to 4,4
Sugar cane <i>Canne à sucre</i>	40 to 70	0,065	2,6 to 4,5

SURFACE CULTIVABLE: Nous avons considéré que le premier paramètre à prendre en compte est le nombre d'habitant par hectare cultivé. Le ratio "r" de terre cultivable est ainsi $r = 10\% - d/100$ où d est la densité de population par hectare cultivé. (Cela donne la possibilité de consacrer à l'énergie un maximum de 10% des terres cultivées dans les régions où la densité de population est très basse; si $d > 10$ aucune plantation énergétique n'est autorisée).

X. BIOMASS ENERGY CROPS

TECHNOLOGY: Energy crops plantations of different species in areas where competition with food needs are not too strong. In a first step, only cultivated forestry (short rotation bushes, from 7 to 10 years maturation) and sugar cane have been considered.

TYPE OF USE: Substitution to fossil fuels, coal or fuel for wood, gasoline for ethanol.

ECONOMICS: Competitiveness assumed with fossil fuels in areas where the productivity of energy crops is better than 4 toe per hect for wood, and better than 3 toe for sugar cane, and which are dependant of foreign fossil fuels.

ANNUAL RESERVES ESTIMATION:

Energy crops reserves are derived from arable land data, potential productivity of each agricultural energy crop, usable land for these activities and energy productivity of each product.

PRODUCTIVITY: The attached board gives the productivity characteristics for wood and sugar cane.

USABLE LAND: We have considered that the number of inhabitants per cultivated hectare was the first parameter to be taken into account. Thus the maximum ratio "r" of usable land on cultivated land has been taken as: $r = 10\% - d/100$ where d is the density of population by cultivated area. This gives the opportunity to plant a maximum 10% of the cultivated land in areas where density of population is very low. If d is > 10 people by cultivated hectare no plantation is allowed.

SURFACE PROPOSEE: 30 à 40% de cette ressource est considérée comme accessible dans les années 90 dans les pays industrialisés, 20% dans les pays en développement sauf au Brésil déjà engagé dans un grand programme éthanol.

1990'S PROPOSED AREA: From this resource 30 to 40 % are considered as accessible in the nineties for industrial countries, 20 % for developing countries, except Brazil which is already engaged in a big ethanol program.

**TABLEAU DES RESERVES
ANNUELLES DES CULTURES
ENERGETIQUES**

**BIOMASS ENERGY CROPS
ANNUAL RESERVES FOR 1990's**

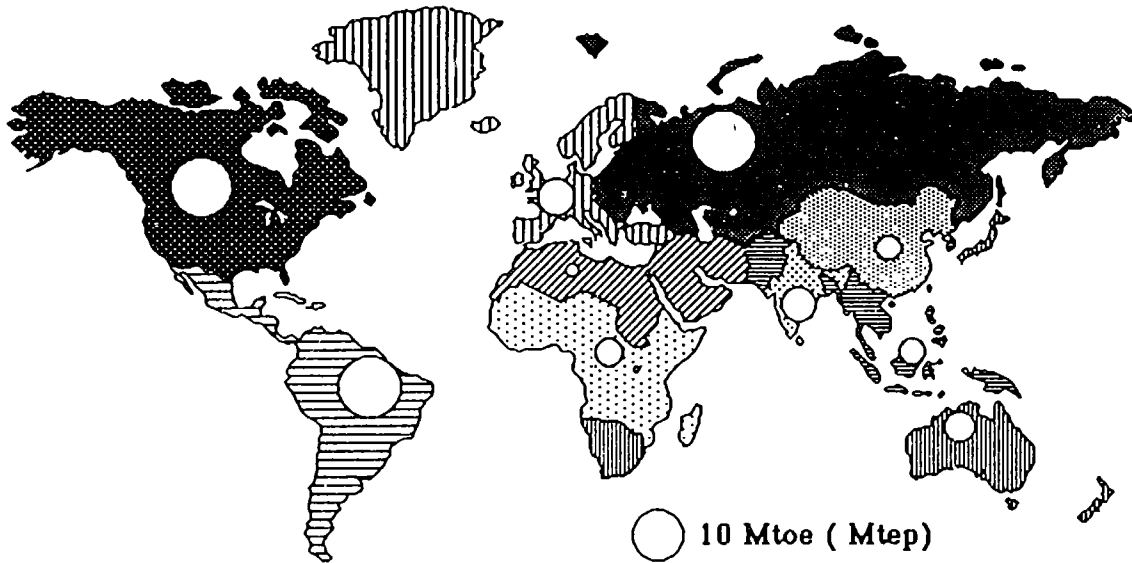
ENERGY CROPS PLANTATIONS ENERGETIQUES	CULTIVATED LAND Mha	POPUL M Inhab	INHAB / HECT CULT LAND	MAX AREA USABLE FOR ENERGY CROPS	90's AREA PROPOSED*	SHORT REV BUSHES Mha	ENERGY Mtoe **	SUGAR CANE Mha	ENERGY Mtoe	TOTAL Mtoe	
	Terres cultivées Mha	Population M hab	Habitants par ha cultivé	Surface utilisable max Mha	Surface * années 90	Taille courte révolution	Energie Mtep **	Canne à sucre Mha	Energie Mtep	Total Mtep	
CANADA	50	25	0,5	9,5	4,75	1,5	1,5	3,3	0	0	3,3
UNITED STATES	195	239	2,6	7,4	14,5	4,5	4	8,8	0,5	1,6	10,4
EEC EUROPE	78	320	4,2	5,8	4,5	1,5	1,5	3,5	0	0	3,5
NORTHERN EUROPE	10	30	3	7	0,7	0,3	0,3	0,7	0	0	0,7
CENTRAL EUROPE	45	115	2,5	7,5	3,3	1,1	1,1	2,2	0	0	2,2
SOVIET UNION	220	280	1,3	8,7	19	6	6	13,2	0	0	13,2
JAPAN	5	120	24,5	0	0	0	0	0	0	0	0
AUSTRALIA NEW ZEL	45	20	0,44	9,5	1,9	1	0,7	1,5	0,3	0,9	2,4
MEXICO	25	80	3,2	6,8	1,7	0,7	0,6	1,3	0,1	0,3	1,6
BRAZIL	75	145	1,9	8,1	6	3,5	1	2,2	2,5	8	10,2
LATIN AMERICA	72	190	2,6	7,4	5,3	1,7	1,5	3,3	0,2	0,6	3,9
SOUTHERN EUROPE	37	80	2,1	7,9	2,9	0,5	0,5	1,1	0	0	1,1
MIDDLE EAST	28	110	3,9	6,1	1,7	0,3	0,3	0,6	0	0	0,6
NORTHERN AFRICA	18	135	7,5	2,5	0,5	0,15	0,15	0,3	0	0	0,3
NIGERIA GABON	31	95	3	7	2,1	0,4	0,4	0,9	0	0	0,9
AFRICA	99	310	3,1	6,9	6,9	1,4	1,4	3	0	0	3
SOUTH AFRICA	16,7	35	2,8	8	1,3	0,6	0,4	0,8	0,2	0,7	1,5
INDIA	186	770	4,1	5,9	11	2	1	2	1	3,2	5,2
CHINA	150	1070	7,1	2,9	4,3	1,4	1,1	2,2	0,3	1	3,2
SOUTH KOREA	2,3	70	30	0	0	0	0	0	0	0	0
INDONESIA	24	175	7,4	2,6	0,6	0,2	0,2	0,4	0	0	0,4
ASIA OCEANIA	93	520	5,6	4,6	4,5	1	0,8	1,7	0,2	0,7	2,4
WORLD (MONDE)	1505	4935				29,75	24,45	53	5,3	17	70

* 30% to 40% of the max area in the developed countries, 20% in most other ones except Brazil (55%), which has already engaged this politic
30 à 40 % de la surface max dans les pays industriels, 20% dans la plupart des autres sauf au Brésil (55%) qui a déjà engagé un grand programme

** This result takes into account the fact that only half of the plantations made before 2000 are mature at this horizon (7 to 10 years for rotation)
Ce résultat tient compte du fait qu'en 2000 la moitié seulement des plantations sont arrivées à maturité (7 à 10 ans par rotation)

CARTE DES RESERVES
ANNUELLES DES CULTURES
ENERGETIQUES DES ANNEES 90

MAP OF NINETIES ENERGY
CROPS ANNUAL RESERVES



ANNEXE 3

ENERGIES RENOUVELABLES
ET EFFET DE SERRE

ANNEX 3

RENEWABLE ENERGIES
AND GREENHOUSE GAS

MESURE DES EMISSIONS DE GAZ A
EFFET DE SERRE POUR DES
CHAUDIÈRES DOMESTIQUES
MODERNES:

GAZ NATUREL

FUEL DOMESTIQUE

BOIS 1: FEUILLUS (CHARME)

BOIS 2: RESINEUX (PIN)

GREEN HOUSE GAS EMISSION
MEASUREMENTS FOR RECENT
DOMESTIC BOILERS:

NATURAL GAS

DOMESTIC FUEL

WOOD 1: HORNBEAM

WOOD 2: PINE

GREENHOUSE GAS EMISSIONS	EFFICIENCY %	CO ₂ g/Gj	CO equiv CO ₂ g/Gj (coeff 7)	NO _x equiv CO ₂ g/Gj (coeff 150)	CH ₄ equiv CO ₂ g/Gj (coeff 63)	TOTAL non renew equiv CO ₂ g/Gj
EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE	RENDEMENT %	CO ₂	CO	NO _x	CH ₄	TOTAL CO ₂ equiv non renouvelable
NAT GAS (GAZ NATUREL)	0,9	62300	78	6670	70	69120
FUEL (FIOUL)	0,9	82000	167	8330	350	90850
WOOD 1 (BOIS N°1)	0,75	132000	17850	21000	504	39354
WOOD 2 (BOIS N°2)	0,75	132000	7490	13500	252	21242

Source: P. Cassin, Cycle bois-énergie et effet de serre, Bulletin de l'Habitat Tertiaire, AFME, Octobre 1990.