

Énergies renouvelables : ne pas se tromper de cible, ni au Nord ni au Sud

Depuis le début des années 2000, les préoccupations concernant le réchauffement du climat et plus récemment la flambée des prix du pétrole et du gaz ont relancé l'intérêt autour des sources renouvelables, mais toujours dans une certaine ambiguïté sur les enjeux réels qu'on peut leur assigner raisonnablement dans les différents pays du monde à plus ou moins long terme. Le consensus affiché au travers des discours politiques sur les enjeux attachés à leur développement n'a pourtant pas conduit dans l'immédiat la plupart des pays développés à un effort public qui puisse se comparer à ceux consentis pour les énergies fossiles ou l'énergie nucléaire.

Comment rendre la discussion possible sur des bases tant soit peu objectives et quantifier peu ou prou les enjeux des différentes énergies renouvelables raisonnablement utilisables à chaque

époque et dans chaque région du monde ? Comment juger des dynamiques de pénétration possibles des différentes énergies en cause et de la pertinence des politiques proposées par les uns et les autres au nom du développement et de l'environnement pour en développer l'usage ?

ET D'ABORD, DE QUOI PARLE-T-ON ?

On range sous le terme d'énergies renouvelables un ensemble d'énergies inépuisables à l'échelle humaine, la plupart issues de l'activité solaire, mais qui se manifestent à travers des phénomènes physiques très divers.

- *Une énergie photonique :*
 - l'énergie solaire, qui provient du flux de photons solaires sur la surface terrestre.
- *Des énergies mécaniques :*

BENJAMIN DESSUS



BERNARD DEVIN



Directeur du Service de l'Action Internationale de l'AFME jusqu'en 1986. Il a été ensuite chargé des relations avec les Nations Unies et avec la Commission du Développement Durable. Actuellement Secrétaire de l'association Global Chance.

- l'énergie éolienne qu'on peut tirer de la force du vent qui circule des hautes vers les basses pressions dans l'atmosphère terrestre,

- l'énergie hydraulique gravitaire, qu'on peut tirer de la force mécanique des chutes d'eau,

- l'énergie marémotrice qui tire parti des courants associés aux marées des océans,

- l'énergie des vagues qui tire profit de l'énergie mécanique des vagues, elles-mêmes produites par le vent.

• *Des énergies thermiques :*

- la géothermie qui exploite le flux de chaleur qui provient des couches profondes de la terre,

- l'énergie thermique des mers qui exploite les différences de température entre la surface et les couches profondes des mers tropicales.

• *Des énergies de combustion :*

- d'un combustible ou d'un carburant renouvelable, qu'on appelle biomasse, tiré de la matière organique (les plantes, les arbres, les déchets animaux, etc.), elle-même fabriquée grâce au soleil par la photosynthèse du carbone.

Toutes ces sources d'énergie peuvent être transformées par des moyens plus ou moins sophistiqués en énergie directement utile à l'homme. C'est ce qu'on appelle des « filières énergétiques ». Chaque filière tire parti d'un des phénomènes cités plus haut (photonique, gravité, gradient de pression, chaleur, etc.) à travers des processus de transformation physique pour aboutir à une forme d'énergie directement utilisable par l'homme pour satisfaire ses besoins de chaleur (soit directement,

soit sous forme de combustible), d'électricité (pour faire tourner des machines, s'éclairer, alimenter électroménagers et ordinateurs), ou de carburant pour assurer les transports, ce que les énergéticiens appellent les énergies finales. La notion de filière recouvre donc à la fois l'origine de l'énergie mais aussi **le besoin final** qu'il s'agit de satisfaire.

Cette notion n'est évidemment pas spécifique aux renouvelables et s'applique aussi bien aux énergies fossiles. Quand on dispose par exemple de pétrole, un concentré d'énergie aisément transportable et stockable, on peut à partir de plusieurs filières fournir de la chaleur (à travers une chaudière ou un four), de l'électricité (avec une centrale thermique ou un diesel) ou du carburant pour faire tourner le moteur de sa voiture. Dans le cas des énergies renouvelables, au contraire, des spécificités s'introduisent, des applications privilégiées à des besoins déterminés apparaissent, des impossibilités pratiques aussi, qui viennent restreindre la possibilité pratique d'usage de ces énergies. Et cela, principalement pour deux raisons :

- D'abord parce que ces énergies ne sont pas toutes constamment à notre disposition « à l'état naturel » : le soleil ne brille pas la nuit et s'affaiblit fortement avec les passages nuageux, le vent souffle quand il veut, les barrages ne stockent l'eau que pour quelques mois, les déchets de l'agriculture finissent par pourrir. Comme on ne sait généralement pas bien stocker ces sources d'énergie dans leur état naturel (à l'exception de la biomasse), on n'est pas sûr d'en disposer au moment où l'on en a besoin.
- Ensuite, parce que ces énergies sont dispersées et généralement peu transportables sous leur forme originelle, à l'exception de la biomasse qui se transporte bien. Dans la plupart des cas, il faut utiliser les énergies renouvelables à l'endroit même où elles se manifestent alors que les concentrations de population peuvent s'en trouver éloignées.

La notion de **filière énergétique** qui établit un lien direct entre le produit énergétique final, voire le service final (par exemple, l'eau chaude dans le cas du chauffe-eau solaire) et l'énergie primaire est donc primordiale pour les énergies renouvelables comme le montre le tableau ci-dessous.

TABLEAU 1
Quelles sources pour quels produits énergétiques finaux ?

	Chaleur directe	Électricité	Combustible	Carburant
Énergies de flux				
Solaire (capteurs thermiques)	x			
Solaire thermodynamique	x	x		
Solaire photovoltaïque		x		
Hydraulique		x		
Éolien		x		
Énergie de la houle		x		
Énergie marémotrice		x		
Énergie thermique des mers		x		
Biomasse		x	x	x
Biométhane		x	x	x
Géothermie	x	x		
Énergies de stock				
Nucléaire		x		
Charbon		x	x	
Pétrole		x	x	x
Gaz naturel		x	x	x

Ce tableau fait ressortir les points suivants :

Le solaire thermique (les capteurs solaires), *la géothermie* et *la biomasse* sous ses différentes formes sont bien adaptés pour répondre aux besoins de chaleur basse température qu'on rencontre dans l'habitat, le tertiaire et l'industrie.

La biomasse et beaucoup plus marginalement *le solaire* sous concentration sont bien adaptés aux applications de cuisson domestique. Pratiquement, seule *la biomasse* est bien adaptée aux applications haute température dans l'industrie où elle peut se substituer au charbon.

En ce qui concerne l'électricité hors réseau, on trouve une bonne adéquation entre les besoins et *le photovoltaïque* pour les applications de puissance inférieure à 1 kW, *l'éolien*, de quelques kW à une cinquantaine de kW, *la biomasse* et *la petite hydraulique* de quelques dizaines de kW à quelques MW. Seules ces deux dernières filières permettent d'éviter un stockage d'énergie sous forme d'électricité puisqu'on peut dans ces deux cas opérer un minimum de stockage de l'eau ou du combustible biomasse.

Pour l'électricité écoulee sur le réseau, *la grande hydraulique*, *les marémotrices*, *le solaire thermodynamique* (centrales solaires à concentration), *le solaire photovoltaïque*, *l'éolien*, *la géothermie haute température* et les diverses *filières biomasse* sont bien placées. En dehors des problèmes économiques, les limites à cette adéquation résultent de l'aspect fluctuant de la ressource (en particulier pour le solaire et l'éolien) qui pose des problèmes de compatibilité avec le réseau électrique.

Les filières *biomasse méthane* et les filières *cultures énergétiques* (biocarburants à base d'alcool ou d'huiles) sont des options sérieuses mais limitées pour l'obtention de carburants automobiles. À plus long terme (vers 2015-2020), les filières de gazéification de la biomasse (déchets organiques agricoles et forestiers) sont susceptibles d'augmenter très fortement cette participation des renouvelables à l'obtention de carburants.

Il est important de garder en tête ces diverses caractéristiques des filières renouvelables quand on se pose la question de leur participation potentielle aux bilans nationaux, régionaux et mondiaux. Alors que les énergies fossiles, et en particulier le pétrole, nous avaient habitués à raisonner uniquement en besoins d'énergie primaire (le nombre de tonnes de pétrole nécessaire pour boucler le bilan énergétique tous usages d'un pays comme la France), il faut, pour quantifier l'apport éventuel des renouvelables au bilan énergétique, entrer dans le détail et partir de la description des besoins¹ locaux.

1. C'était déjà le cas avec l'énergie nucléaire dont la seule filière d'usage est la production hyper centralisée d'électricité, excluant par là même les usages chaleur et les usages carburant.

Il faut donc dépasser un discours global sur les énergies renouvelables et entrer dans une description plus proche de la réalité des enjeux de chacune des filières dans chaque région du globe en tenant compte à la fois des ressources physiques en place, de leurs caractéristiques propres, de l'état des technologies de transformation et des besoins associés à la phase de développement des sociétés susceptibles de les mettre en œuvre.

COMMENT ÉVALUER LE POTENTIEL DES DIFFÉRENTES FILIÈRES RENOUVELABLES ?

Pour apprécier le potentiel raisonnablement mobilisable de chacune des filières, il faut tout d'abord connaître à la fois les flux annuels de ces énergies et leur distribution temporelle dans les différentes régions du monde. En fait, ces données sont assez bien documentées et l'on dispose de cartes mondiales et régionales d'ensoleillement, de vent ou de biomasse relativement complètes². Tout compte fait, on connaît mieux la distribution régionale du flux solaire que celle des gisements de charbon ou d'uranium.

Il faut aussi connaître l'évolution des caractéristiques techniques et des performances économiques de chacune des filières de transformation de ces flux d'énergie jusqu'à l'usage final. Pour la plupart des filières citées ci-dessus, les recherches et les développements effectués au cours des 30 dernières années permettent d'avoir une bonne connaissance à la fois des performances actuelles et des coûts des différentes technologies comme des dynamiques de rendement et coût de ces filières en fonction du progrès et des quantités distribuées.

Mais cela ne suffit pas. Il faut aussi apprécier dans une région donnée les besoins d'énergie des différents secteurs socio-économiques susceptibles d'y faire appel, à partir d'une analyse de la présence locale d'activités potentiellement consommatrices.

C'est sur cette triple base (physique, technico-économique et socio-économique) que B. Dessus, B. Devin et F. Pharabod³ avaient proposé en 1992 d'estimer le « potentiel annuel d'utilisation » des énergies renouvelables d'une filière dans les grandes régions du monde à une époque donnée (PMER). Cet exercice qui date maintenant de 15 ans avait été effectué sur un monde découpé en 22 régions pour 10 filières technologiques

2. Sources : ISES pour le rayonnement solaire, CME pour les bassins hydrauliques, DOE pour les vitesses de vent, FAO pour les productions de bois et de biomasse.

3. B. Dessus, B. Devin, F. Pharabod, « Le potentiel mondial des énergies renouvelables », *La Houille Blanche*, n° 1, 1992. Cette étude sera appelée PMER (Potentiel Mondial des Énergies Renouvelables) par la suite.

principales considérées à l'époque comme ayant atteint le stade de la démonstration technique et économique (au moins dans des conditions favorables), et capables de répondre à des besoins importants dans de nombreuses régions du monde : eau chaude solaire, électricité photovoltaïque hors réseau, électricité solaire sur réseau (centrales photovoltaïques ou thermodynamiques), hydroélectricité, électricité éolienne hors réseau et sur réseau, bois énergie, énergie des déchets urbains, énergie des déchets ruraux, cultures énergétiques.

Une quinzaine d'années plus tard, on s'aperçoit que la plupart des considérations et hypothèses de l'époque restent valables, en ordre de grandeur. Cependant, certaines applications nouvelles sont apparues, par exemple le photovoltaïque sur les toitures des maisons et relié au réseau. D'autres comme les centrales solaires thermodynamiques ou photovoltaïques ne se sont pratiquement pas développées au cours des dix dernières années contrairement aux projections. Enfin de nouvelles filières, encore à l'état de recherche-développement, telles que la mise au point de carburants de deuxième génération issus de la biomasse, non prises en compte par les auteurs à l'époque, pourraient figurer aujourd'hui parmi les filières à prendre en compte pour les décennies qui viennent.

D'autre part, certaines des limitations que s'étaient imposées les auteurs (par exemple sur le taux d'électricité aléatoire acceptable sur le réseau électrique, généralement choisi à un maximum de 15 % en énergie) semblent aujourd'hui en voie d'être dépassées. Enfin, les considérations environnementales (en particulier le changement de climat) donnent aujourd'hui une prime aux énergies renouvelables, dans la mesure où elles ne suscitent pas d'émissions de gaz à effet de serre.

Le potentiel de chacune des filières, mobilisable à différentes époques, dépend dans ce type d'analyse de l'évolution des besoins d'énergie finale des diverses régions et par conséquent de la démographie et de l'état de développement de ces régions. C'est ainsi que le potentiel de l'ensemble des énergies renouvelables mobilisable indiqué par ces auteurs évoluait de 3 000 Mtep en 2 000 à 4 800 Mtep en 2020.

D'autres analyses de potentiels ont été produites, en particulier par José Goldemberg *et al.* dans le *World Energy Assessment* (WEA) publié en 2000 sous l'égide du PNUD et du Conseil mondial de l'énergie pour l'horizon 2050⁴. Les chiffres indiqués dans ce rapport sont pour la plupart nettement plus optimistes que ceux publiés par le PMER.

4. *World Energy Assessment*, UNDP New York, septembre 2000, (noté WEA).

Mais il faut noter que ces potentiels ont été élaborés à partir de conditions physiques et géographiques sans tenir compte de la présence ou non de besoins identifiés d'énergie.

C'est ainsi, par exemple, qu'à partir d'une estimation analogue à celle de PMER des potentiels techniques régionaux de vent, WEA déduit un potentiel réellement accessible à partir d'un seul critère d'occupation du territoire (4 % des territoires). C'est ce qui le conduit à un potentiel très important au Nord comme au Sud, de 18 000 TWh environ, bien supérieur à celui de l'étude PMER. Le fait de choisir un critère tenant compte de la consommation régionale et de la part d'énergie annuelle aléatoire admissible par le réseau conduit à des abattements de potentiel beaucoup plus importants que le choix d'un critère d'occupation d'espace au sol. L'estimation PMER semble donc plus réaliste dans l'état actuel des technologies et du maillage des réseaux électriques.

Malgré ces différences d'appréciation, il ressort des différentes études dont on dispose que les potentiels mobilisables des différentes filières renouvelables à 20 et *a fortiori* à 50 ans sont considérables, aussi bien dans les pays développés que dans les pays en développement ou les pays émergents.

En 2020, par exemple, selon le PMER, le potentiel raisonnablement mobilisable d'électricité renouvelable serait de l'ordre de 8 000 TWh (700 Mtep) contre 3 150 TWh aujourd'hui (6 000 pour l'hydraulique un millier pour l'éolien, un millier pour les filières électriques solaires) dont plus de 5 000 TWh dans les pays du Nord (Russie comprise). Les filières biomasse combustible ou carburant (bois de feu, cultures énergétiques, déchets organiques) pourraient représenter plus de 3 000 Mtep contre 1 250 Mtep aujourd'hui, dont environ 1 000 Mtep dans les pays du Nord et 200 dans les pays du Sud. Les filières productrices de chaleur directe à partir du soleil (eau chaude sanitaire et chauffage des locaux) pourraient représenter de l'ordre de 250 Mtep, une centaine dans les pays du Nord et 150 dans les pays du Sud.

Si l'on tient compte des potentiels déjà mobilisés au Nord et au Sud actuellement, qui sont respectivement de l'ordre de 380 Mtep et de 1 100 Mtep⁵, il reste un potentiel mobilisable de l'ordre de 1 150 Mtep dans les pays du Nord et de 1 300 Mtep dans les pays du Sud à l'horizon 2020.

À travers ces chiffres, on voit en particulier que, contrairement aux idées souvent reçues, le potentiel

5. Essentiellement du bois de feu.

d'énergies renouvelables encore mobilisable des pays du Nord est presque aussi important que celui des pays du Sud.

Le déploiement des énergies renouvelables n'est donc pas un problème d'existence de la ressource mobilisable, mais plutôt une question de « mobilisation » de cette ressource à partir de l'action du marché et/ou de politiques volontaristes.

En effet, l'existence de potentiels accessibles (c'est-à-dire physiquement disponibles à des coûts compétitifs) n'induit pas qu'ils seront exploités. En particulier, il peut exister une très forte dissymétrie d'exploitation entre les pays riches, dont la demande énergétique solvable dépasse déjà de loin les potentiels indiqués, et les pays pauvres dont la demande énergétique reste faible par absence de développement. Raison de plus pour considérer comme prioritaire la récolte de ces potentiels dans les pays du Nord, plutôt que de compter sur les pays en développement pour récolter les leurs à court terme.

Comme pour les énergies fossiles, la pénétration effective des énergies renouvelables dans le bouquet énergétique mondial ne peut se faire qu'à un rythme maximal dicté par deux paramètres principaux : la création de nouveaux équipements nécessaires à la satisfaction de besoins nouveaux ou supplémentaires ou le remplacement d'équipements existants devenus obsolètes. En bonne logique économique en effet, on ne **construit des équipements supplémentaires** productifs qu'en fonction d'une *demande croissante* (solvable, ou aidée) et l'on **renouvelle des équipements obsolètes**, un peu chaque année, quand ils ont été amortis, hormis d'improbables « casses » ou démantèlements d'installations non amorties pour y substituer des installations « renouvelables ».

Dans les scénarios prévisionnels les plus courants (voir AIE), l'augmentation de la demande à satisfaire se situe autour de 2 % par an. L'activité de renouvellement des équipements anciens, à un taux de l'ordre de 3 % par an (puisque les équipements aux énergies fossiles à remplacer ont des durées de vie qui s'étagent de 25 à 40 ans), offre un champ d'introduction de capacités plus important.

Si on applique ces rythmes au scénario énergétique de référence de l'AIE pour les pays du Nord et du Sud on obtient les chiffres présentés dans le tableau 2 (en énergie primaire).

Cette notion de remplacement des équipements anciens ou de création d'équipements nouveaux est assez intuitive lorsqu'il s'agit de centrales électriques, de grands équipements industriels, etc. Il faut ici étendre cette notion à tous les équipements qui servent à la transformation de l'énergie primaire en énergie finale. Un exemple précis est celui des raffineries de pétrole que l'on rénove ou remplace régulièrement parce que la technique a changé ou que les produits que l'on désire obtenir sont différents. Un autre exemple est celui de l'introduction de l'énergie solaire active, ou passive, dans l'habitat. Un autre enfin est celui de l'introduction systématique de biocarburants pour l'alimentation du parc automobile.

C'est à l'occasion de ces nouvelles constructions ou de ces remplacements que l'on peut faire croître la part des énergies renouvelables – ou, plus largement, « non émissives » – dans le bilan énergétique mondial. Le rythme de rénovation étant ainsi fixé par des impératifs économiques, il est possible de simuler l'évolution des émissions de gaz à effet de serre en fonction du taux d'énergies « non émissives » (TRN %) introduites chaque année, mais aussi en fonction de l'effort d'amélioration de l'efficacité énergétique globale (TEE %). Le premier type d'action remplace les énergies fossiles ; le second type d'action réduit la demande globale d'énergie primaire. La démarche « Négawatt » entre dans cette dernière catégorie d'action.

Dans l'encadré qui suit on a tracé la courbe dépendant de ces deux paramètres, qui délimite l'espace où il devient possible d'atteindre, ou pas, les objectifs de réduction des GES à 12 gigatonnes équivalent de CO₂ par an à l'horizon 2050 et celle où il est possible de revenir en 2050 aux émissions de 2004. Ceci peut être un « indicateur de pertinence » pour les stratégies énergétiques, en le déclinant spécialement pour les pays ou les zones géographiques où seront proposées ces stratégies.

TABLEAU 2
Répartition Nord-Sud des capacités de production primaires à mettre annuellement en œuvre dans le scénario AIE entre 2004 et 2030

Moyenne 2004-2030	Renouvellement	Capacités nouvelles	Total
Pays du Sud	130 Mtep (3 % / an)	120 Mtep (2,6 % / an)	250
Pays du Nord	200 Mtep (3 % / an)	70 Mtep (0,6 % / an)	270
Monde	330	190	520

Un indicateur de pertinence pour les stratégies énergétiques

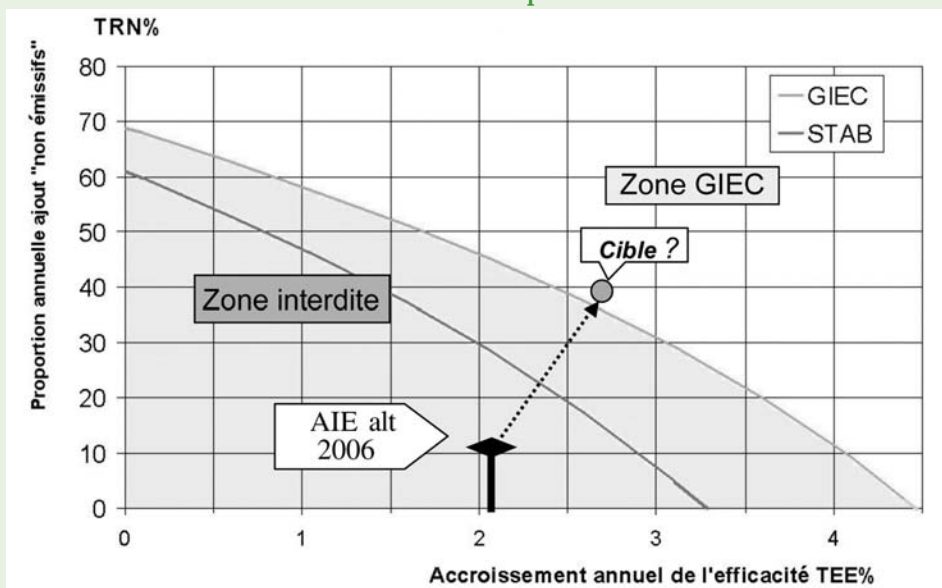
Pour réduire les émissions de gaz à effet de serre en dessous du niveau «GIEC» de 12 gigatonnes de CO₂ équivalent par an en 2050, quel pourcentage de renouvelables (TRN %) doit-on introduire dans les équipements construits chaque année pour faire face à l'accroissement global de la demande et au remplacement des installations anciennes ?

Si l'on s'astreint, de plus, à un effort continu d'accroissement annuel de l'efficacité énergétique globale (TEE %), pour réduire la demande énergétique d'ensemble, la combinaison de ces deux mesures permet de tracer les zones où il est, soit possible, soit impossible d'atteindre les objectifs du GIEC.

L'efficacité énergétique qu'il faut retenir est, au sens large, celle qu'apportent la sobriété à la consommation, la réduction des gaspillages et toutes les mesures d'une meilleure transformation de l'énergie primaire en énergie finale.

Atteindre 12 GT CO₂ en 2050?

Un indicateur de pertinence



--- GIEC: objectif 12 gigatonnes de CO₂ en 2050

--- STAB: objectif 24 gigatonnes de CO₂ en 2050 (valeur de 2004)

Au titre des sources «non émissives» il faut compter les énergies renouvelables, dont l'habitat solaire passif, mais aussi la capture et séquestration du carbone, ainsi que les énergies nucléaires de fission ou de fusion, sans qu'il soit question de faire, ici, un choix sur leur pertinence relative. Chacune de ces technologies ou filières doit être comptée en Mtep, pour son potentiel de substitution annuel (PSA) aux énergies fossiles primaires qu'elle remplacerait effectivement.

On a figuré le point représentatif du scénario AIE 2006 dans sa version «alternative». Le rapport de l'AIE y projette une demande énergétique croissant moins vite que le produit intérieur brut mondial (G. D. P.). Il comporte donc une composante d'accroissement de l'efficacité énergétique annuelle de l'ordre de 2 %. Les émissions qu'il affiche pour 2015 et 2030 sont bien représentées par un TRN % de l'ordre de 10 %.

À titre d'exemple, on a indiqué sur le graphique une «cible» permettant de satisfaire aux conditions du GIEC en 2050: il faudrait passer l'accroissement d'efficacité à 2,6 % par an et introduire 40 % de «non émissifs» chaque année dans le remplacement des anciens équipements fossiles et dans la création des capacités supplémentaires requises. Le point représentatif du scénario AIE montre que l'on est loin du compte!

TABLEAU 3
Répartition Nord-Sud des capacités de production d'électricité à mettre annuellement en œuvre dans le scénario AIE entre 2004 et 2030

Moyenne 2004-2030	Renouvellement	Capacités nouvelles	Total
Pays du Sud	170 TWh (3%/an)	250 TWh (4,3%/an)	420 TWh
Pays du Nord	350 TWh (3%/an)	160 TWh (1,4%/an)	510 TWh
Monde	520 TWh	410 TWh	930 TWh

Le renouvellement des capacités est encore dominant dans cette période par rapport à l'implantation de capacités nouvelles, au Nord comme au Sud. Malgré une croissance énergétique beaucoup plus forte au Sud qu'au Nord, les besoins totaux de capacités neuves restent légèrement supérieurs au Nord par rapport au Sud.

On peut, grâce aux données de l'AIE (tableau 3), examiner le cas particulier de l'électricité dont la progression des besoins apparaît particulièrement importante dans les pays du Sud (avec un taux de croissance de 4,3%/an contre 1,4%/an au Nord) entre 2004 et 2030.

Là encore, malgré la très forte croissance des besoins d'électricité des pays du Sud, c'est le Nord qui connaît le plus d'installations neuves, du fait du nécessaire renouvellement d'un stock d'installations déjà très élevé.

Les chiffres des deux tableaux, associés aux potentiels décrits plus haut, montrent à l'évidence qu'une politique volontariste de pénétration des énergies renouvelables dans les 20 ans qui viennent doit trouver ses points d'application au moins autant dans les pays du Nord que dans ceux du Sud.

Ils montrent aussi la prééminence du marché potentiel de substitution des énergies fossiles par renouvellement même avec le taux de croissance élevé de la demande énergétique retenue par l'AIE. Si les efforts indispensables de maîtrise de l'énergie étaient sérieusement engagés, ils conduiraient naturellement à une croissance inférieure de la demande globale et renforceraient d'autant la part du renouvellement dans le marché potentiel des renouvelables.

RÉSUMONS-NOUS!

- Le vocable «**énergies renouvelables**» recouvre en fait une série de filières énergétiques qui ont toutes en commun de se présenter sous forme de **flux**

d'énergie, mais qui se différencient très fortement au niveau des services énergétiques qu'elles sont susceptibles d'apporter dans les différents secteurs de l'activité humaine.

- De ce fait les **potentiels raisonnablement mobilisables** de ces différentes sources renouvelables doivent être envisagés dans le cadre de chacun des services susceptibles d'être rendus par ces différentes filières énergétiques, sous forme de chaleur directe, d'électricité, de combustibles et de carburants. Dans chacun des cas, et au-delà de l'intensité de la ressource primaire locale, ce potentiel dépend de la maturité technico-économique des filières et de la présence de besoins de services susceptibles de faire appel à ces différentes filières à l'époque considérée. Malgré des divergences d'appréciation, on peut noter que la plupart des analystes s'accordent à dire que le potentiel global des énergies renouvelables raisonnablement mobilisables (à des coûts du même ordre de grandeur

qu'avec les énergies fossiles et sans concurrence majeure d'usage), dans les 20 à 30 ans à venir est de l'ordre de 4 à 5 000 Mtep :

- Chaleur directe (chauffe-eau solaires et chauffage des locaux) : 200 à 300 Mtep
- Électricité (éolien, photovoltaïque, hydraulique, géothermie) : 600 à 900 Mtep (7 000 à 11 000 TWh).
- Combustibles et carburants issus de la biomasse (bois de feu, cultures, déchets) : 3 000 à 4 000 Mtep. La part de biocarburant dans ce potentiel global « biomasse » risque de se limiter à quelques centaines de Mtep si les plantes utilisées se trouvent en concurrence avec des usages alimentaires. La situation peut cependant évoluer très largement avec l'arrivée prévue des biocarburants de deuxième génération (qui

Malgré une croissance énergétique beaucoup plus forte au Sud qu'au Nord, les besoins totaux de capacités neuves restent légèrement supérieurs au Nord par rapport au Sud.

Énergies renouvelables: ne pas se tromper de cible, ni au Nord ni au Sud

utiliseront comme matière première la ligno-cellulose et rencontreront, de ce fait, moins de concurrence d'usage) et multiplier ce potentiel carburant d'un facteur 5 à 10.

Compte tenu de la mobilisation actuelle des renouvelables (1350 Mtep), leur développement rapide ne se heurte donc globalement pas à des questions de présence de la ressource. On constate d'autre part que l'enjeu de leur mise en exploitation est du même ordre de grandeur dans les pays du Nord que dans les pays du Sud.

- **Comme pour les autres sources d'énergie**, ce sont les rythmes de *croissance* des besoins et de *renouvellement* des équipements obsolètes qui fixent la limite supérieure des dynamiques d'implantation des capacités renouvelables. Là encore, l'importance du stock d'équipements du Nord entraîne des besoins de renouvellement qui créent des opportunités d'implantation de capacités renouvelables plus importantes que celles qu'entraîne la croissance des besoins énergétiques des pays du Sud.

Ces diverses considérations conduisent à proposer une très forte mobilisation des pays les plus riches et les plus développés sur les différentes filières renouvelables puisqu'ils disposent à la fois des opportunités d'implantation, de marchés déjà solvables et d'un tissu industriel déjà conséquent dans ces domaines, tout au moins en comparaison avec les pays du Sud. C'est à cette condition que les pays en développement, profitant pleinement de l'apprentissage industriel des pays du Nord, pourront exploiter au mieux leurs potentiels d'énergies renouvelables et contribuer ainsi puissamment aux réductions des émissions de gaz carbonique responsables du réchauffement climatique.

