

Les cahiers de

GLOBAL

CHANCE



Les énergies renouvelables face au défi du développement durable

Global Chance

Association loi de 1901
à but non lucratif
(statuts sur simple demande)

41 rue Rouget de Lisle

92150 Suresnes

global-chance@wanadoo.fr

Le Conseil d'Administration
de Global Chance
est composé de :

Michel COLOMBIER

Ingénieur et économiste

Secrétaire de l'Association

Benjamin DESSUS

Ingénieur et économiste

Président de l'Association

Yves MARIIGNAC

Consultant scientifique

François PHARABOD

Ingénieur chercheur

Trésorier de l'Association

Béatrice QUENAULT

Economiste

Jean-Claude RAY

Biophysicien

Les cahiers de

Global Chance n°15

Février 2002

Directeur de la publication :

Benjamin DESSUS

Rédaction :

François PHARABOD

Maquette : Ivan PHARABOD

Imprimerie : N.R.J.B.- Montmorency

Sommaire

Énergies renouvelables : données de base

Les énergies renouvelables, de quoi s'agit-il ? GC

Énergies renouvelables : où, combien et pour quoi faire ?

B. Dessus, F. Pharabod

3

Énergies renouvelables : perspectives

La place des énergies renouvelables dans les scénarios mondiaux à moyen et long terme. GC

Énergies renouvelables et effet de serre. GC

La fuite en avant technologique : l'exemple de l'hydrogène.

B. Dessus

21

Les énergies renouvelables confrontées au développement durable

Énergies renouvelables au Nord : une responsabilité environnementale, un choix de société.

E. Blaustein

Développement durable au Sud : l'enjeu de l'accès à l'énergie.

E. Blaustein

Faut-il privilégier les énergies renouvelables dans la coopération Nord Sud ?

B. Devin

Le programme d'électrification décentralisée en Afrique du Sud : un chemin chaotique et sinueux.

N. Wamukonya

Énergie et lutte contre la pauvreté : un autre débat que celui sur les renouvelables.

Y. Sokona, J-Ph. Thomas

Quels instruments économiques pour stimuler le développement de l'électricité renouvelable ?

Ph. Menanteau, M-L. Lamy

Les contraintes sociologiques au développement des énergies renouvelables.

M-C. Zelem

Le développement durable au service de nouvelles industries pour le Nord ?

Y. Marignac

37

Conclusions

Appels de Bellevue

99

Ce numéro des cahiers de Global Chance est consultable sur le site

<http://www.agora21.org>

102

Editorial

C'est la première fois que Global Chance, qui fête ses 10 ans d'existence en 2002, consacre tout un numéro aux énergies renouvelables. Très souvent évoquées en même temps que les autres ressources énergétiques mobilisables aussi bien en Europe ou en France que pour l'ensemble du monde dans nos cahiers successifs, elles nous ont paru justifier aujourd'hui un numéro spécial. Nous avons choisi délibérément de nous placer du point de vue du développement durable et de confronter discours et réalités à cette nécessité.

Inquiets face au risque de réchauffement du climat et sensibilisés après les attentats du 11 septembre à la fragilité des systèmes énergétiques hypercentralisés qui sont la règle dans les pays industrialisés, nombreux sont ceux qui dans ces pays voient dans le développement des énergies renouvelables une réponse majeure (au côté ou non du nucléaire) aux différents problèmes du siècle qui s'ouvre.

Les organisations internationales, de l'ONU au G8, proposent des plans de relance des énergies renouvelables, l'Europe promulgue des directives, l'Office Parlementaire des Choix Scientifiques et Techniques français y consacre un rapport et propose des priorités controversées. Bref, dans les pays industrialisés, une vogue nouvelle pour ces nouveaux modes de production d'énergie.

Global Chance a déjà eu l'occasion bien des fois de rappeler que la première marge de manœuvre énergétique dont dispose l'humanité se situe du côté de la demande d'énergie (la maîtrise de l'énergie) et non pas seulement de l'offre d'énergie, fût elle renouvelable. Il reste indispensable de le rappeler une fois de plus dans un contexte où la plupart des décideurs continuent à n'envisager la question énergétique et environnementale qu'en termes de production et de substitutions d'énergies.

Cela étant dit, qu'y a-t-il en effet derrière le consensus quasi général exprimé par la plupart des acteurs politiques et de nombreux industriels sur l'adéquation de l'ensemble des " EnR ", les énergies renouvelables, et le développement durable ?

Quels enjeux au Nord et au Sud, quelle réalité derrière les discours des uns et des autres, quelles perspectives et quelles priorités ?

Pour éclairer ces différentes questions nous avons choisi une présentation en trois parties.

Dans un premier chapitre, nous regroupons une série de données de base de nature factuelles, en définissant les différentes filières renouvelables, en analysant leurs spécificités, en les confrontant qualitativement et quantitativement aux besoins du développement.

Le deuxième chapitre est consacré aux perspectives que tracent les uns et les autres au développement de ces énergies : place des renouvelables dans les divers scénarios mondiaux à moyen et long terme,

problèmes d'environnement, rôle éventuel des ruptures technologiques.

Compte tenu de l'ensemble de ces éléments, le troisième chapitre aborde la question de l'adéquation des objectifs et des politiques (mises en œuvre ou proposées) aux impératifs du développement durable : EnR et développement durable dans les pays du Nord et du Sud, EnR et politique de coopération française, expériences des EnR en Afrique, comparaison des méthodes d'incitation au développement des EnR en Europe, analyse sociologique des réticences à l'adoption des EnR, analyse critique du récent rapport parlementaire, autant d'éléments qui permettent d'apporter des éclairages diversifiés sur cette confrontation sans concession du discours et de la réalité.

En guise de conclusion, bien évidemment partielle et provisoire, la rédaction de Global Chance tente d'apporter quelques éléments de synthèse, de réflexion et de proposition pour l'action sur la question traitée dans ces cahiers.

Global Chance

ÉNERGIES RENOUVELABLES

DONNÉES DE BASE

Les énergies renouvelables

Global Chance

Les énergies renouvelables font depuis la première crise pétrolière en 1973 l'objet des discours les plus divers. Leurs zélateurs¹ en font parfois la panacée universelle en leur prêtant la capacité à satisfaire largement et à bon marché l'ensemble des besoins de l'humanité sans risques de pénurie et sans problème d'environnement. D'autres, se fondant uniquement sur l'analyse des marchés à court terme, ne voient dans les renouvelables qu'un appoint marginal au bilan énergétique dans un avenir prévisible et reportent chaque année plus loin la date d'une émergence significative de ces solutions. Depuis le début des années 90, les préoccupations, d'abord de réchauffement du climat et plus récemment de développement durable ont relancé l'intérêt autour de ces sources renouvelables, mais toujours dans la même 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 des uns et des autres sur les enjeux attachés à leur développement n'a pourtant pas conduit dans l'immédiat la plupart des pays développés à un effort public continu, 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 de la pertinence des politiques proposées par les uns et les autres au nom du développement de l'environnement, du développement durable pour développer l'usage de ces ressources ?

de quoi s'agit-il ?

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 :*

- 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, de force motrice fixe, d'électricité (pour faire tourner des machines, s'éclairer, alimenter électroménager et ordinateurs), de force motrice mobile pour assurer les transports. 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. En fait, à partir d'une source d'énergie primaire comme le pétrole, on peut sans grande difficulté² décliner l'ensemble des applications répondant aux besoins d'énergie utile des hommes. 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.

Pourquoi ? 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 ou mal stocker ces sources d'énergie dans leur état naturel (à l'exception du bois), 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 notable du bois 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 ; c'est le cas du Groenland très peu peuplé et disposant d'un potentiel considérable d'énergie éolienne ou du Sahara disposant d'un énorme potentiel d'énergie photonique solaire.

Tout le monde connaît les filières les plus courantes, le feu de bois pour se chauffer ou faire la cuisine, le chauffage de l'eau dans un capteur peint en noir placé derrière une vitre pour réaliser un chauffe-eau solaire, les moulins à vent ou les turbines hydrauliques. D'autres filières font appel à des phénomènes plus complexes comme par exemple le photovoltaïque ou la thermodynamique pour produire directement de l'électricité à partir du soleil ou la fermentation alcoolique pour obtenir des carburants.

Il existe une dizaine de filières d'énergies renouvelables qui méritent une attention toute particulière parce qu'elles représentent dès maintenant ou à court ou moyen terme un potentiel important au niveau mondial. Certaines d'entre elles ont atteint le stade du marché ou de la démonstration technique et économique, au moins dans des zones et des circonstances favorables et sont capables de répondre à des besoins importants de nombreuses régions du monde. D'autres encore en développement présentent des potentiels importants à moyen et long terme. Le tableau 1 qui les regroupe est établi en croisant les principaux besoins énergétiques et les sources d'énergie renouvelable. On a indiqué par des étoiles les cases qui correspondent pour chaque source renouvelable aux applications les plus significatives (de cinq étoiles pour les principales à une pour celles qui restent marginales)³. L'observation rapide de ce tableau confirme les propos

Électricité renouvelable et besoins du réseau.

Les différents usages de l'électricité (l'éclairage, l'électroménager, le froid, l'eau chaude sanitaire le chauffage des locaux, les moteurs ou les fours industriels) présentent des caractéristiques temporelles très diverses dans la journée (pointe d'éclairage du soir), la semaine (arrêt des machines industrielles le week-end), ou l'année (chauffage des locaux, vacances d'été des entreprises). Les besoins de puissance électrique varient donc constamment et dans de grandes proportions au cours de la journée, de la semaine et des saisons.

Dans le cas d'une production d'électricité fossile, on peut répondre aux fluctuations des besoins en installant les capacités de puissance suffisantes (le maximum de puissance probable) en stockant à proximité les combustibles nécessaires, en amont de la production d'électricité. On module alors le régime de production électrique en fonction des besoins instantanés (soit en faisant marcher à régime variable un outil unique de production, soit en démarrant successivement des tranches de production au rythme de l'évolution des besoins).

On peut aussi tenter, en raccordant sur un même réseau de nombreux clients qui présentent des caractéristiques très diverses d'utilisation dans le temps de l'électricité de « lisser la courbe de charge ». Si l'usine untel qui appelle au cours de la journée une puissance constante de 300 kW ferme le soir à 18 heures, elle libérera cette puissance pour d'autres usages, par exemple ceux d'une centaine de clients domestiques dont les besoins d'électricité se situent justement en fin d'après-midi. C'est sur ce principe qu'une société comme EDF établit une tarification variable dans le temps pour inciter ses clients à décaler les usages de pointe vers des usages d'heures creuses.

Qu'en est-il quand une part de cette électricité est produite à partir d'énergies renouvelables ?

Du point de vue de la production d'électricité, la caractéristique principale n'est pas le caractère renouvelable de la ressource mais son degré d'intermittence et le caractère plus ou moins aléatoire de sa disponibilité.

L'intermittence : elle peut être journalière comme le rayonnement solaire, ou les marées. Elle est alors connue, inéluctable, mais totalement prévisible. Elle peut être saisonnière (les précipitations par exemple).

L'aspect aléatoire. On sait que le climat moyen d'une région déterminée s'accompagne de fluctuations importantes : les années de sécheresse exceptionnelle et d'hydraulicité maximale se succèdent, les journées ensoleillées et pluvieuses, etc.

Ces deux caractéristiques aux conséquences diverses viennent compliquer ou limiter, plus ou moins, selon les filières et l'organisation adoptée (réseau ou hors réseau), l'usage des sources renouvelables pour satisfaire les besoins d'électricité d'une société donnée.

C'est particulièrement vrai pour le soleil et le vent, énergies intermittentes et aléatoires. De plus dans ces deux cas, on ne connaît pas de moyen pratique (au contraire de l'hydraulique ou du bois par exemple) de stocker la ressource en amont de la production d'électricité ; seules restent des possibilités de stockage de l'électricité (soit par pompage d'eau, soit par batteries, soit sous forme de chaleur, soit par fabrication d'un composé chimique capable lui-même de fournir de l'énergie, par exemple de l'hydrogène). De ce point de vue par contre, la biomasse et l'hydraulique de barrage présentent des caractéristiques bien plus proches des fossiles.

La question se pose donc principalement pour le soleil et le vent. Il faut en utiliser les flux d'énergie quand ils se présentent et là où ils sont, les transformer en électricité sur place et les insérer au mieux (éventuellement avec un stockage d'électricité) pour répondre aux fluctuations de la demande des utilisateurs.

Deux exemples concernant le photovoltaïque. Celui-ci produit une puissance électrique directement proportionnelle au flux solaire incident sur les photopiles. Il est donc particulièrement bien adapté aux besoins électriques qui se situent au milieu des journées à fort ensoleillement. C'est le cas de la climatisation. Il est par contre beaucoup moins bien adapté aux besoins d'éclairage domestique qui se situent par principe après le coucher du soleil et qui sont d'autant plus importants que la période journalière d'ensoleillement est courte.

Il existe une variété de solutions pour pallier tout au moins partiellement ces difficultés .

- Pour les applications hors réseau, où la mutualisation de besoins très divers n'est pas possible, plusieurs solutions peuvent être envisagées :

- la première, trop souvent négligée, consiste à faire tous les efforts de maîtrise de la demande d'électricité , en quantité par l'utilisation d'appareils économes, et dans le temps, en décalant les uns par rapport aux autres le démarrage d'appareils dont l'utilisation peut être décalée sans inconvénient majeur,

- la seconde consiste à stocker l'énergie électrique produite généralement grâce à des batteries,

- la dernière consiste à installer un second système de production utilisant une ressource stockable qui viendra secourir la première en cas où elle fait défaut.

Dans ces deux derniers cas, on s'expose à des frais conséquents d'investissement et de fonctionnement supplémentaires.

- Pour les applications sur le réseau, on dispose de deux marges de manœuvre supplémentaires : mutualisation de besoins divers et de moyens de production diversifiés et géographiquement disséminés. Si la part des énergies renouvelables aléatoires et intermittentes reste modeste, on pourra compter sur la puissance déjà installée sur le réseau et déjà plus ou moins modulable pour assurer la sécurité d'approvisionnement. De même la mise en réseau de centres de production disséminés et utilisant des ressources renouvelables diversifiées provoque un effet de complémentarité qui permet d'assurer une meilleure disponibilité moyenne d'électricité. On pourra alors considérer que la mise en service de la ressource renouvelable s'apparente à une économie d'énergie stockable (en particulier fossile). Mais cette complémentarité géographique suppose un renforcement des réseaux de transport et de distribution qui va a priori à l'encontre de l'avantage généralement attribué au caractère d'autonomie locale des énergies renouvelables.

Si la part des ressources renouvelables intermittentes et ou aléatoires sort de la marginalité (par exemple au-dessus de 10% en énergie annuelle), on sera amené à installer des capacités de production supplémentaires utilisant des combustibles stockables pour assurer dans tous les cas la fourniture. Cette sécurité s'obtient au prix d'un surcoût pour assurer la continuité des approvisionnements. La discussion actuelle sur le degré de participation de parcs importants d'éoliennes aux pointes journalières et saisonnières de la France métropolitaine est le reflet de cette préoccupation économique.

précédents. En dehors de la biomasse dont les applications peuvent couvrir pratiquement tout le spectre des usages, y compris celui de carburant (pour deux de ses filières), la plupart des sources renouvelables se voient cantonnées à une ou deux applications significatives et ne sont pas naturellement adaptées à certains usages, en particulier celui des transports non électriques. Bien entendu, comme nombre de ces filières conduisent à l'électricité, on peut au prix d'une complexité accrue, de rendements décroissants et de coûts croissants, obtenir les autres services énergétiques à partir de cette électricité (cuisine, chauffage, au besoin carburants)⁴.

Le tableau 1 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. Seule pratiquement *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

Tableau 1. Les principales filières renouvelables et leurs usages

Ordres de grandeur des potentiels d'application	Eau chaude sanitaire	Chauffage des locaux	Cuisine	Chaleur industrielle MT et HT	Electricité hors réseau	Electricité sur réseau	Carburants
I - Solaire							
Solaire thermique							
capteurs plans	*****	*****					
concentration			**	*			
Solaire thermodynamique						***	
Solaire photovoltaïque					*****	**	
II - Hydraulique							
grande hydraulique >10 MW						*****	
petite hydraulique					*****	*****	
Marémotrices						***	
III- Eolien							
< 50 kW					*****		
> 50 kW						*****	
IV - Energie des vagues					**	**	
V - Géothermie							
basse température < 100 °C	*****	****					
haute température > 200 °C						***	
VI Energie thermique des mers						**	
VII - Biomasse							
Déchets organiques							
incinération	****	****		****		****	
méthanisation	****	****	****	****	****	****	***
Bois énergie							
bois de feu hors commercial	***	*****	*****	***			
bois moderne	*****	*****	*****	*****	****	*****	
Cultures énergétiques							
taillis , forêts	***	***	***	****	***	*****	
colza, canne, betterave							****

besoins et *le photovoltaïque* pour les applications de petite 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.

Enfin seules pratiquement, tout au moins dans un futur proche, les filières *biomasse méthane* et les filières *cultures énergétiques* (biocarburants à base d'alcool ou d'huiles) sont des candidats sérieux pour l'obtention de carburants automobiles.

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 à boucler le bilan énergétique tous usages d'un pays comme la France), il faut pour quantifier l'apport éventuel des renouvelables dans le bilan énergétique entrer dans le détail et partir de la description des besoins⁵ locaux.

Si l'on s'intéresse par exemple aux applications du photovoltaïque aujourd'hui dans deux régions aussi différentes que l'Afrique et l'Europe on se rend vite compte :

- qu'en Europe les applications hors réseau qui atteignent la compétitivité économique sont tout à fait marginales dans le bilan élec-

trique car le taux de raccordement aux réseaux est très élevé ; quant aux applications sur réseau elles restent encore largement hors de portée pour des raisons économiques (coût au kWh > 0,3 euros contre 0,03 pour leurs concurrents fossiles ou nucléaires) ;

- qu'en Afrique par contre le photovoltaïque, dont les applications sur le réseau sont également pratiquement exclues pour des raisons économiques, il existe un potentiel important de pré-électrification rurale photovoltaïque compétitif avec d'autres solutions (même si les bénéficiaires potentiels ne sont pas solvables).

Si maintenant on s'intéresse au bois énergie dans ces deux régions, on constate que la mise en valeur de la ressource accessible en Europe (de l'ordre de 50 à 70 Mtep) suppose de poursuivre une politique volontariste dans le domaine du chauffage des locaux, de la chaleur industrielle voire de la production d'électricité à partir du bois en substitution aux combustibles fossiles actuellement mis en œuvre. En effet si aujourd'hui une quarantaine de Mtep de ce potentiel sont déjà mobilisés, c'est souvent dans des conditions de rendement très mauvaises (mauvaise isolation des locaux et rendement très faible des transformateurs de chaleur). Les technologies à haut rendement sont aujourd'hui disponibles. La simple substitution des foyers anciens par ces nouveaux outils permettrait des économies de bois importantes de l'ordre de 15 à 20 Mtep. L'enjeu porte donc en Europe sur 30 à 40 Mtep supplémentaires ce qui suppose une politique volontariste vu la concurrence des énergies de réseau.

En Afrique, la ressource de bois accessible (> 250 Mtep) est aujourd'hui en partie utilisée (170 Mtep) sous forme de bois de feu pour des applications principalement domestiques (cuisson) avec un rendement déplorable puisqu'il conduit à des dépenses d'énergie de l'ordre de 0,3 à 0,4 tep par habitant pour ces applications contre 0,05 tep en Europe par exemple. Si des progrès techniques sont apportés aux méthodes de cuisson, une partie importante de ces ressources sera dégagée pour d'autres usages et viendra s'ajouter aux

ressources actuellement non mobilisées et disponibles pour d'autres usages. Mais pour mobiliser ces ressources importantes, encore faut-il développer et diffuser les technologies nécessaires à la satisfaction de ces nouveaux usages, qu'il s'agisse de production de chaleur industrielle ou d'électricité. À défaut d'un tel développement local, le potentiel de bois raisonnablement mobilisable restera improductif.

À travers ces deux exemples on prend conscience de la nécessité de dépasser un discours global sur les énergies renouvelables et le développement (durable ou non) pour 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.

Energies renouvelables

Benjamin Dessus
François Pharabod

où, combien, et pour quoi faire ?

Comment évaluer le potentiel ?

La plupart des études sur les perspectives de développement des filières d'énergies renouvelables sont soit des études de marché à relativement court terme (5 ans) soit des études de nature technique et économique qui tentent de prévoir l'influence des progrès techniques et de l'effet d'apprentissage industriel sur la compétitivité d'une filière déterminée par rapport à ses concurrents (fossiles, fissiles). Mais ce type d'étude fournit peu d'indications sur les potentiels de ces énergies réellement mobilisables dans chacune des régions du monde à des horizons plus ou moins lointains.

Pour apprécier le potentiel raisonnablement mobilisable de chacune des filières, il faut tout d'abord bien entendu 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 connues et l'on dispose de cartes mondiales et régionales d'ensoleillement, de vent ou de biomasse assez complètes¹. 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 que nous avons déjà évoquées (voir article précédent),

les recherches et les développements effectués au cours des 30 dernières années permettent d'avoir une bonne connaissance à la fois des performances et des coûts des différentes technologies. Les études technico-économiques précédemment citées permettent aussi d'anticiper les 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. Pharabod² 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. L'encadré décrit sur un exemple la démarche retenue.

Cet exercice qui date maintenant de 10 ans avait été effectué sur 10 filières technologiques principales considérées à l'époque comme ayant atteint le stade de la démonstration technique et économique (au moins dans des conditions favorables), et comme capables de répondre à des besoins importants dans de nombreuses régions du monde : eau chaude solaire, électricité photovoltaïque hors réseau, électricité solaire sur

Un exemple de calcul : le potentiel énergétique actuel des chauffe-eau solaires dans la Communauté européenne

La technologie est bien connue : il s'agit de capteurs solaires plans comme on en voit sur le toit des maisons, fonctionnant à basse température (< 80°C) avec un rendement de l'ordre de 40% dans des régions où l'ensoleillement annuel est suffisant. Ces capteurs produisent l'eau chaude sanitaire domestique. Pour assurer une rentabilité suffisante de cette solution, au prix actuel des capteurs, il faut une ressource de soleil supérieure ou égale à 1100 kWh/m²/an. C'est le cas en France par exemple, au sud de la Loire.

Pour estimer le potentiel annuel de cette filière dans l'ensemble de la Communauté Européenne, il faut alors se poser les questions suivantes :

- Quelle est la population concernée par cette application?

Sur une population de 320 millions d'habitants, la CEE en compte environ 150 dans des régions où l'ensoleillement dépasse 1100 kWh /m²/an. Cela ne veut évidemment pas dire que dans d'autres régions l'application est impossible, mais plutôt que les usages, plus rares et plus spécifiques, n'auront pas un impact important sur le bilan énergétique global de la région.

D'autre part on se rend compte bien vite que l'implantation de capteurs solaires sur les toits des maisons ne peut pas se faire n'importe où ; c'est évidemment plus facile sur une maison individuelle que sur les tours de La Défense, en zone d'habitat dispersé que dans les grandes villes! On a donc réservé cette solution aux logements des zones rurales ou suburbaines, en habitat individuel ou semi collectif. On peut estimer que 20% de la population des régions du sud de la CEE satisfait à cette condition. Par conséquent ce sont 30 millions d'habitants, soit 9% de la population totale de la CEE qui pourraient raisonnablement bénéficier de l'eau chaude solaire.

- Quels sont les besoins d'eau chaude sanitaire de ces habitants ?

L'Européen moyen consomme environ 50 litres d'eau chaude sanitaire par jour pour les différents usages domestiques. Tenu compte du rendement des capteurs et de l'ensoleillement local il faudra de 0,8 m² à 1 m² de capteur par habitant pour fournir cette eau chaude.

Reste alors à calculer l'énergie solaire qui vient ainsi se substituer au gaz, au fuel ou à l'électricité qu'il aurait fallu utiliser pour produire cette eau chaude. En Europe, 65% de l'eau chaude sanitaire est produite au gaz ou au fuel, et 35% à l'électricité. Compte tenu des rendements de ces différentes filières, on peut calculer facilement l'énergie que remplace un m² de capteur, en moyenne 0,08 tep/m²/an.

Avec ces données, on trouve un "potentiel annuel" de l'ordre de 2,5 Mtep pour la filière eau chaude solaire dans l'habitat de la Communauté Européenne. Ce chiffre n'est évidemment qu'un ordre de grandeur, mais donne une première indication intéressante sur les enjeux associés à la filière considérée.

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.

L'exercice avait été réalisé sur un monde découpé en 22 régions³.

Les auteurs n'étudiaient ni la filière chauffage solaire actif des logements qui relève de la même logique et de technologies analogues à celles employées pour l'eau chaude sanitaire, ni la filière géothermique.

D'autre part, comme le soulignaient eux-mêmes les auteurs « *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. Il est évident que tout nouveau progrès technologique impliquera une nouvelle évaluation des différents potentiels annuels renou-*

velables régionaux comme c'est le cas pour les énergies fossiles. Par ailleurs la croissance de la population et du niveau de vie dans les régions considérées aura une influence directe sur les besoins énergétiques ; ceci implique la possibilité d'une croissance des potentiels renouvelables estimés en relation avec les besoins sectoriels. »

Quand on revisite cet exercice réalisé il y a une dizaine d'années 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 comme 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.

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'émission de gaz à effet de serre.

C'est sur ces principes qu'ils ont pu dessiner une carte mondiale du potentiel de chacune de ces énergies renouvelables et apprécier son évolution dans le temps avec le progrès technique et le développement démographique.

Le potentiel aujourd'hui

On résume ci-dessous les principales hypothèses et les principaux résultats de cette étude en signalant au passage les données qui nous paraissent aujourd'hui à corriger.

Les résultats globaux sont présentés sur 10 grandes régions par regroupement des résultats détaillés établis pour 22 régions et condensés en trois tableaux (tableaux 1, 3 et 4) : électricité primaire renouvelable, autres énergies renouvelables et potentiels totaux d'énergies renouvelables.

On pourra se reporter à la publication originale PMER (voir note 2) pour analyser les hypothèses et les résultats par filière.

Électricité primaire

Pour les dix régions du monde, le tableau 1 indique les potentiels d'électricité primaire pouvant être produite à partir de l'eau, du soleil et du vent dans les hypothèses initiales envisagées par les auteurs mais corrigées des quelques considérations précédentes. Cette prise en compte se traduit en fait essentiellement par la suppression de la colonne « électricité solaire sur réseau » qui était prévue en 1992, filière qui n'a aucune chance de dépasser la marginalité (quelques TWh au cours des 5 à 10 ans qui viennent), et ce pour des raisons économiques. Sur les 4500 TWh de potentiel électrique mondial indiqué, un peu plus de 2700 TWh sont déjà produits principalement par la grande hydraulique à la fin des années 90 (1600 environ dans les pays industrialisés et 1000 dans les PED). Restent donc à équiper :

- environ 1100 TWh dans les pays du Nord : près de 900 d'hydraulique (principalement dans les pays en transition dont le taux d'équipement est encore très faible et 200 d'éolien, plus éventuellement quelques TWh de solaire sur réseau. L'électricité hors réseau est tout à fait marginale (3 TWh).

- 740 dans les pays du Sud : 460 TWh d'hydraulique en Amérique Latine, en Afrique et en Asie, 260 TWh d'électricité hors réseau (principalement du photovoltaïque et environ 20 TWh d'éolien sur réseau. Dans les deux régions c'est l'hydraulique qui

Tableau 1 : Potentiels renouvelables d'électricité primaire mobilisables dans les années 2000 (TWh)

Potentiels annuels Électricité renouvelable (TWh)	Hydro	Eolien sur réseau	Eolien hors réseau	Solaire hors réseau	Total électricité
Amérique du Nord	767	75	0	1	843
Europe	793	63	1	2	859
Japon, Australie, Nlle Zélande	155	45	0	0	200
CEI, Europe Centrale	816	8	1	1	826
Total pays industrialisés	2531	191	2	3	2727
Amérique Latine	656	5	3	11	675
Afrique du Nord, Moyen-Orient	34	0	1	10	45
Afrique	111	2	4	26	142
Inde	80	5	18	63	166
Chine	325	9	18	34	386
Asie, Océanie	252	0	15	55	322
Total pays en développement	1458	21	59	198	1736
Total Monde	3989	212	61	201	4463

représente le potentiel équipable principal avec les hypothèses d'évolution d'équipement régional retenues (tableau 3).

Bien entendu des taux d'équipement différents pourraient être envisagés pour les années 2000 qui conduiraient à d'autres résultats. On peut observer cependant qu'entre 1985 et 1996 le taux d'équipement des pays du Nord est passé de 79 à 82%, celui des pays en transition de 3,5 à 5% et celui des PED de 8 à 12%.

Pour les autres filières, le potentiel d'électricité renouvelable des pays du Nord est important, du même ordre de grandeur que celui des PED, contrairement à une idée souvent répandue selon laquelle les énergies renouvelables sont une option essentiellement réservée aux pays pauvres du Sud.

C'est évidemment tout particulièrement le cas pour l'éolien sur réseau qui suppose à la fois la présence de réseaux maillés importants capables d'absorber sans difficulté cette énergie fluctuante et de potentiels de vent importants, ce qui est le cas de l'hémisphère Nord. C'est pourquoi le potentiel éolien des pays industrialisés atteint près de 90% du potentiel total mobilisable dans les conditions actuelles.

Pour l'électricité hors réseau c'est bien évidemment le contraire et les potentiels sont situés à plus de 98% dans les pays en développement. Remarquons que le total du potentiel correspondant, de l'ordre de 260 TWh, reste très quantitativement modeste par rapport au potentiel total de l'électricité renouvelable, moins de 6%. Globalement, le potentiel d'électricité primaire encore raisonnablement équipable de l'ensemble des filières renouvelables du pays du Nord en ce début de siècle est supérieur à celui des pays du Sud.

Énergies renouvelables non électriques

Le tableau 3 indique les potentiels annuels d'énergies renouvelables non électriques: bois, déchets, cultures énergétiques, eau chaude solaire, chauffage.

On a reconstitué une colonne chauffage des locaux (filière non retenue dans l'étude citée) à partir des données et hypothèses suivantes :

- On a tout d'abord considéré que, dans les zones qui exigeaient du chauffage des locaux les capteurs solaires étaient susceptibles de fournir environ la moitié du chauffage des logements (le solde étant fourni par des énergies non aléatoires), en moyenne 0,6 tep par logement sur un besoin moyen estimé à 1,2 tep par logement.

- On a d'autre part considéré que dans les régions qui disposaient d'un ensoleillement suffisant (> 1000 kWh par an et par m²) 30% des habitations étaient susceptibles de bénéficier d'une telle solution. Pour y parvenir il faut installer selon les régions et la taille moyenne des familles de 2,5 à 4 m² de capteur par habitant. En Europe par exemple, on suppose l'installation de 3 m² de capteur par habitant ce qui conduit pour un ménage moyen de 2,6 personnes à une surface de 8 m² fournissant annuellement 0,6 tep.

Cela conduit à envisager un potentiel d'installations solaires de 70 millions de foyers dans les pays industrialisés (environ 20% des ménages de ces régions) et de 30 millions de foyers dans les pays en développement (3 à 4% des ménages de ces pays).

Le tableau 3 attire les commentaires suivants : Si l'on tient compte du potentiel de bois non commercial déjà mobilisé au Nord (de l'ordre de 30 Mtep) et au Sud (de l'ordre de 670 Mtep), les potentiels encore mobilisables s'élèvent à environ 1700 Mtep.

Le plus important potentiel, aussi bien au Nord qu'au Sud est constitué par les utilisations modernes du bois énergie : 480 Mtep au Nord et 500 au Sud. Comme on l'a déjà constaté plus haut pour l'électricité primaire, l'enjeu quantitatif actuel n'est pas plus fort au Sud qu'au Nord. Le second potentiel est lié aux déchets ruraux et urbains : 500 Mtep environ dont 460 Mtep environ pour les déchets ruraux. Il se répartit en 180 Mtep pour les pays du Nord (dont 155 de

Tableau 2. Hypothèses de taux d'équipement hydraulique

	1996	années 2000-2010
Nord (hors pays en transition)	82 %	87 %
Pays en transition	6 %	20 %
Sud	12 %	20 %

déchets ruraux et 25 de déchets urbains) et 320 Mtep pour les pays du Sud (dont plus de 300 de déchets ruraux de l'agriculture).

Le potentiel de chauffage des locaux se situe d'abord dans les pays du Nord (48 Mtep) contre 40 dans les pays en développement (dont 70% en Chine du Nord).

L'eau chaude solaire vient ensuite avec un peu plus de 100 Mtep dont 90% dans les pays en développement.

Enfin les cultures énergétiques (70 Mtep) se répartissent à peu près également entre le Nord et le Sud. Cela tient à ce que la pression sur les

sols agricoles est beaucoup moins forte au Nord qu'au Sud (friches européennes par exemple). De toutes façons, le rôle de ces cultures susceptibles de fournir des carburants⁴ reste marginal par rapport aux besoins de carburants du Nord et du Sud qui s'élèvent à 2500 Mtep environ.

Globalement le potentiel d'énergies non électriques renouvelables encore raisonnablement mobilisables (au-delà des potentiels de bois non commercial déjà mis en œuvre) est de l'ordre de 1700 Mtep, dont 760 dans les pays du Nord et 940 dans les pays du Sud.

Tableau 3 : Potentiels annuels d'énergies renouvelables non électriques mobilisables dans les années 2000 (Mtep)

Potentiels annuels Energies renouvelables (Mtep)	Bois énergie	Eau chaude solaire	Chauffage solaire	Cultures énergétiques	Déchets	Total
Amérique du Nord	212	4	13	14	67	310
Europe	53	3	14	5	52	128
Japon, Australie, Nlle Zélande	15	2	11	4	16	48
CEI, Europe Centrale	228	2	10	15	56	311
Total pays industrialisés	508 (28)	12	48	38	191	797
Amérique Latine	483	7	0	16	65	571
Afrique du Nord, Moyen-Orient	22	4	3	1	6	36
Afrique	270	11	0	4	24	308
Inde	77	26	0	5	69	178
Chine	65	23	28	3	84	202
Asie, Océanie	229	24	9	3	65	329
Total pays en développement	1145 (645)	95	40	32	313	1624
Total Monde	1653 (673)	106	88	70	504	2421

Note : dans la colonne "bois", la deuxième valeur concerne le bois non commercial

Tableau 4 : Potentiels annuels d'énergies renouvelables totaux mobilisables dans les années 2000 (Mtep)

Potentiels annuels totaux Energies renouvelables (Mtep)	Hydro	Solaire	Eolien	Bois	Cultures	Déchets	Total
Amérique du Nord	169	18	16,4	212	14	67	496
Europe	174	17	14	53	5	52	316
Japon, Australie, Nlle Zélande	34	13	9,8	15	4	16	92
CEI, Europe Centrale	180	12	1,8	228	15	56	493
Total pays industrialisés	557	60	42	508	38	191	1397
Amérique Latine	144	9	1,8	483	16	65	718
Afrique du Nord, Moyen-Orient	8	9	0,1	22	1	6	46
Afrique	25	17	1,2	270	4	24	341
Inde	18	40	5,3	77	5	69	214
Chine	72	57	6,3	65	3	84	287
Asie, Océanie	56	46	3,3	229	3	65	402
Total pays en développement	321	178	18	1145	32	313	2007
Total Monde	878	238	60	1653	70	504	3403

Total énergies renouvelables

Si l'on regroupe les tableaux 1 et 3 en adoptant l'équivalence française 1 TWh = 0,22 Mtep, on obtient le tableau 4.

Si l'on tient compte des potentiels déjà mobilisés au Nord et au Sud au début des années 90 qui sont respectivement de l'ordre de 550 et 950 Mtep, il reste un potentiel mobilisable de l'ordre de 850 Mtep dans les pays du Nord et de 1050 Mtep dans les pays du Sud à l'orée du vingt et unième siècle.

Les enjeux sont donc du même ordre au Nord et au Sud en ce début de siècle. On peut cependant observer que le potentiel des pays du Nord est à répartir sur une population de l'ordre de 1,3 milliard d'habitants alors que celui du Sud est à répartir sur une population de l'ordre de 4,7 milliards d'habitants. L'enjeu se situe donc autour de 0,8 tep de renouvelables par habitant au Nord et de 0,3 tep par habitant au Sud.

On a vu cependant plus haut que ces potentiels, au Nord et au Sud, allaient évoluer, non seulement avec le progrès technique, mais aussi avec les besoins d'énergie eux-mêmes liés à la démographie et au développement économique, dans la mesure où les ressources physiques de chaque forme d'énergie renouvelable sont presque toutes largement supérieures aux potentiels trouvés pour les années 2000. Les besoins de populations rapidement croissantes et les progrès technologiques futurs peuvent donc encore augmenter considérablement la taille de ces potentiels renouvelables.

Quel potentiel dans vingt ans ?

Paramètres

L'augmentation des potentiels prend en compte les hypothèses suivantes d'évolution de trois paramètres principaux :

- Une hypothèse d'augmentation de la population, qui passe de 6 milliards d'habitants en 2000 à 8 milliards en 2020, avec la répartition régionale indiquée dans le tableau 5.
- Une hypothèse d'évolution de la demande énergétique par habitant. Nous retenons des valeurs cohérentes avec celles des scénarios C de l'IIASA présentés plus loin et qui condui-

sent à des consommations d'énergie de 6000 Mtep au Sud et de 5400 au Nord en 2020.

- Des hypothèses de progrès technique. Nous retenons une hypothèse de progrès technique continu (par exemple une augmentation du rendement industriel des photopiles jusqu'à 18% en 2020) mais sans véritable saut technologique⁵.

Potentiels en 2020

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

Commentaires

Hydraulique : l'augmentation est essentiellement due au potentiel d'équipement de l'ex URSS et des pays du Sud qui sont encore peu équipés au début des années 2000. Nous proposons les taux d'équipement du tableau 7.

Solaire : Les possibilités d'augmentation du potentiel sont dues :

- au progrès technologique : rendement de conversion en électricité sur site passant de 10 - 12% dans les années 2000 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),

Tableau 5 : Augmentation de la population 1990-2020

Population	1990	2020
Amérique du Nord	276	330
Europe	458	450
Japon, Australie, Nlle Zélande	178	230
CEI, Europe Centrale	388	490
Total Nord	1300	1500
Amérique Latine	210	710
Afrique du Nord, Moyen-Orient	255	580
Afrique	465	1140
Inde	850	1310
Chine	1140	1360
Asie, Océanie	830	1400
Total Sud	3750	6500
Total Monde	5530	8000

Tableau 6 : Potentiels annuels renouvelables en 2020 (Mtep)

Potentiels annuels totaux Énergies renouvelables (Mtep)	Hydro	Solaire	Eolien	Bois	Cultures	Déchets	Total
Amérique du Nord	195	40	35	227	80	70	647
Europe	180	30	30	60	65	57	422
Japon, Australie, Nlle Zélande	40	24	20	23	11	16	134
CEI, Europe Centrale	240	24	15	250	34	62	625
Total pays industrialisés	655	117	100	560	190	205	1827
Amérique Latine	245	9	12	620	70	85	1058
Afrique du Nord, Moyen-Orient	8	25	2	25	10	17	82
Afrique	63	35	3	380	60	52	593
Inde	26	80	8	95	5	90	304
Chine	128	99	10	90	5	90	422
Asie, Océanie	90	85	10	229	10	80	555
Total pays en développement	560	345	45	1490	160	415	3015
Total Monde	1215	462	145	2050	350	620	4842

Tableau 7.

Taux d'équipement rapporté au productible exploitable	2000	2020
Nord (hors ex URSS)	87 %	94 %
Ex URSS	20 %	28 %
Sud	20 %	34 %

- à l'installation de centrales solaires compétitives dans les régions bien ensoleillées des pays du Nord,
- à l'augmentation du rendement des capteurs plans de 40 à 50%,
- à l'augmentation des populations et des besoins d'électricité, d'eau chaude et de chauffage 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 (encadré ci-dessous).

Éolien : 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).

Évolution 2000-2020 du potentiel d'énergie solaire au Sud

I - Situation des années 2000 : le tableau 3 donne un potentiel solaire au Sud de 178 Mtep, dont 95 Mtep d'eau chaude solaire, 43 Mtep d'électricité décentralisée et 40 Mtep de chauffage des locaux ; 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 égale à 6000 Mtep, consommation par habitant 1,5 fois celle des années 90-2000, pourcentage d'électricité dans les approvisionnements de 16% (contre 13% en 1990), accroissement de la population concernée par l'énergie solaire de 50%.

III - Eau chaude solaire et chauffage des locaux : $135 \text{ Mtep} \times 1,5 = 202 \text{ Mtep}$ (même consommation par habitant qu'en 1990).

IV - Électricité décentralisée : $43 \text{ Mtep} \times 1,5 \times 1,5 \times 16/13 = 119 \text{ Mtep}$.

V - Électricité sur réseau : implantation dans les pays du Sud de centrales solaires au niveau initialement prévu par les auteurs mais avec 20 ans de décalage : 24 Mtep

VI - Potentiel solaire global : $202 + 119 + 24 = 345 \text{ Mtep}$, presque un doublement par rapport aux années 2000.

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 65% en 2020. Un point important à noter concerne la décroissance de la réserve de bois non commercial de 645 à 350 Mtep, alors que celle de bois commercialisé augmente de 500 à 1120 Mtep des années 2000 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 pourraient provenir de forêts cultivées, principalement en Amérique Latine et en Afrique.

Cultures énergétiques : les cultures énergétiques produisent 350 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.

Déchets : 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 ($2,5 \cdot 10^{-2}$ pour l'Europe en 1990).

Si de nouveau, on tient compte des potentiels déjà mobilisés actuellement au Nord (environ 550 Mtep) et au Sud (950 Mtep), il resterait à mobiliser :

- Au Nord, 1280 Mtep, d'abord de bois (420 Mtep), puis d'hydraulique (290 Mtep), de cultures énergétiques (180 Mtep), de déchets

(180 Mtep), de solaire (110 Mtep) d'éolien (100 Mtep).

- Au Sud, 2050 Mtep, également d'abord de bois (800 Mtep), puis d'hydraulique (365 Mtep, soit 1660 TWh), de solaire (345 Mtep), de déchets (335 Mtep), de cultures énergétiques (160 Mtep) et enfin d'éolien (45 Mtep).

En 2020 les potentiels accessibles supplémentaires dans les pays du Sud sont ainsi 1,6 fois supérieurs à ceux des pays du Nord.

En fait, c'est d'abord le bois qui fait la différence (800 contre 420 Mtep). Les potentiels hydrauliques et ceux des cultures énergétiques sont du même ordre.

Le potentiel solaire du Sud, est composé à plus de 60% d'applications thermiques et plus marginalement d'applications électriques (540 TWh d'électricité hors réseau et 110 TWh sur le réseau). L'éolien intervient pour 200 TWh. L'ensemble des potentiels électriques solaire et éolien de 2020 dans les pays du Sud, s'il est effectivement mis en œuvre, atteint 850 TWh, ce qui est considérable, mais ne représente que la moitié du potentiel hydraulique accessible de ces mêmes pays à la même époque.

D'autres évaluations pour 2050

Il est intéressant de comparer ces chiffres avec ceux indiqués par José Goldemberg et al. dans le World Energy Assessment qu'ils ont publié en 2000 sous l'égide du PNUD et du Conseil mondial de l'énergie pour l'horizon 2050⁶. En effet, les chiffres indiqués par ce rapport sont pour la plupart nettement plus optimistes que ceux que nous avons trouvé comme l'indique le tableau 8 et il est important de comprendre ce qui justifie ces différences d'analyse.

Si les différences trouvées pour l'hydraulique s'expliquent aisément par la différence d'horizons de temps envisagés dans les deux études (avec une saturation de l'équipement au Nord et une poursuite de l'équipement jusque vers 80% des possibilités au Sud dans l'étude WEA alors que l'étude PMER - cf. note 2- se fondaient sur des taux nettement plus modestes en 2020), les très

grandes différences d'estimations constatées pour la biomasse et l'éolien ne peuvent pas être expliqués par la seule différence de date d'estimation.

Eolien

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 4100 Mtep (18 000 TWh environ). L'analyse PMER s'effectue à partir de la même estimation des potentiels de vent sur la base d'un critère très différent puisqu'il retient comme paramètre principal le taux d'électricité éolienne maximal acceptable par un réseau du fait de son aspect intermittent et aléatoire. Les deux limites principales viennent donc de l'estimation de la consommation d'électricité régionale à une époque donnée et du taux choisi. Au-delà des différences de consommation d'électricité qu'on peut envisager en 2020 et 2050, on voit bien que le fait de choisir un critère tenant compte de cette consommation et de la part admissible par le réseau d'énergie annuelle aléatoire conduit à des abattements de potentiel beaucoup plus important que le choix d'un critère d'occupation d'espace au sol. L'estimation PMER semble beaucoup plus réaliste dans l'état actuel des technologies et du maillage des réseaux électriques. Il faudrait en effet pouvoir envisager des maillages de réseau très denses au niveau de continents entiers (voire même intercontinentaux) pour pouvoir compter sur une mutualisation météorologique suffisante pour assurer une relative constance de fourniture d'électricité éolienne.

Cultures énergétiques

C'est pour d'autres raisons que les deux études présentent des résultats très divergents tout au moins pour les pays du Sud. On a vu en effet plus haut que l'analyse PMER se fonde sur la ré-affectation de terres actuellement cultivées à des fins de cultures énergétiques dans des régions dont la densité de population ne risquait pas de conduire à des concurrences d'usage de sol trop importantes. Dans ces conditions en 2020, l'étude PMER propose une affectation de l'ordre de 100 millions d'hectares à des cultures énergétiques (60 au Nord et 40 au Sud environ). Cette analyse se fonde en fait sur l'idée que les pays du Sud, confrontés aux difficultés d'alimentation d'une population en très rapide croissance, ne pourront pas consacrer beaucoup de terres à la fonction énergétique. L'analyse WEA se fonde sur une idée très différente. Elle considère en effet que parmi les 4 milliards d'hectares de terre actuellement non occupées par les activités agricoles ou forestières, (terres non cultivées, zones humides, routes, zones habitées, forêts protégées, montagnes, etc.) 1,3 milliards d'hectares de terres actuellement inemployées pourraient être mises en culture à des fins de production énergétique. L'essentiel le serait dans les pays en développement pour 1,2 milliards d'hectares, principalement en Amérique du sud (660, millions d'hectares) et en Afrique (près de 500 millions d'hectares) et beaucoup plus marginalement dans les pays du Nord (100 millions d'hectares). Bien entendu cette mobilisation massive de terres dans les pays en développement, si elle était réalisable, permettrait une production considérable de biomasse à des fins énergétiques que WEA estime à 4400 millions de tep, plus de 25 fois supérieures à celles de PMER pour les pays

Tableau 8. Comparaison des perspectives PMER (Dessus et al.) et WEA (Goldembergs et al.)

	Cultures énergétiques		Hydraulique		Éolien	
	PMER 2020	WEA 2050	PMER 2020	WEA 2050	PMER 2020	WEA 2050
Nord	190	400	655	730	100	2300
Sud	160	4000	560	1270	45	1800
Total	350	4400	1215	2000	145	4100

du Sud à l'horizon 2050. Mais on est là devant une estimation de nature physique d'un potentiel technique maximal, qui ne tient compte ni des concurrences d'usage du sol à des fins alimentaires, ni des autres usages des plantations éventuelles de bois à des fins autres que l'énergie (bois d'œuvre, pâte à papier, etc.), ni de considérations d'accessibilité et d'économie. Il semble donc plus prudent de s'en tenir à des estimations de l'ordre de celle de l'étude PMER qui sont certes beaucoup plus conservatrices mais aussi beaucoup plus réalistes pour les 20 ans qui viennent.

Que conclure de ces différentes estimations ?

Les estimations présentées ne représentent que des ordres de grandeur des potentiels accessibles des différentes régions du monde en 2000 et 2020. Elles montrent cependant que le recours aux énergies renouvelables, à travers les différentes filières que nous avons envisagées, représente un enjeu considérable au Sud et au Nord, aussi bien dès maintenant que vers 2020.

Bien entendu, 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.

Sigles

CME : Conseil Mondial de l'Énergie

DOE : Department of Energy (USA)

FAO : Food and Agricultural Organisation

IIASA : International Institute for Applied Systems Analysis

ISES : International Solar Energy Society

Mtep : Million de tonne d'équivalent pétrole

MWh : Million de watt-heure (millier de kWh)

PED : Pays en développement

PMER : Potentiel Mondial des Énergies Renouvelables (Dessus et al., 1992)

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement

TWh : Téra watt-heure (milliards de kWh)

ÉNERGIES RENOUVELABLES

PERSPECTIVES

Le rôle que les énergies renouvelables pourraient à long terme jouer dans les bilans régionaux et mondial « énergie et environnement » à différents horizons fait l'objet de nombreuses études : les unes s'intègrent dans des exercices de prospective énergétique mondiale qui mettent en scène des images régionales de la demande d'énergie à différents horizons et des divers moyens d'y répondre (fossiles, fissiles et renouvelables). D'autres s'intéressent au premier chef aux conséquences que des ruptures scientifiques et techniques sur ces énergies ou sur des éléments périphériques à leur production pourraient avoir sur les bilans du futur aussi bien en terme d'approvisionnement que d'environnement, en particulier global. Nous avons choisi d'illustrer ces préoccupations par trois articles, le premier sur les scénarios prospectifs mondiaux, le second sur les énergies renouvelables et l'effet de serre, le troisième sur l'hydrogène, les piles à combustible et les renouvelables.

Global Chance

La place des énergies renouvelables

dans les scénarios mondiaux à moyen et long terme

Global Chance

De très nombreux scénarios ont été élaborés par les énergéticiens et les spécialistes de l'environnement global pour tenter d'éclairer les diverses options du futur et leurs conséquences. Le Conseil Mondial de l'Énergie et l'IIASA, la société Shell, l'IPCC sont parmi les organismes ou les entreprises qui en ont produit ou synthétisé au cours de ces dernières années. Au-delà de leurs divergences qui portent souvent sur les perspectives démographiques et sur celles du développement des différentes régions du monde, ils présentent tous des images d'approvisionnement énergétiques à des horizons qui s'étagent souvent jusqu'à 2100.

Il est intéressant d'analyser ces scénarios pour mieux comprendre la place que cette communauté d'énergéticiens assigne énergies renouvelables pour le monde à différents horizons, par exemple 2020 et 2050.

Une préconisation volontariste pour les pays du Sud

Ces scénarios affichent souvent des projections très favorables aux EnR pour 2020 ou 2050. Global Chance a choisi d'étudier ceux que le Conseil Mondial de l'Énergie a fait réaliser par l'IIASA et un scénario réalisé en France au CNRS, qui nous semblent raisonnablement représentatifs de l'ensemble des images proposées par les prospectivistes de l'énergie et qui ont le mérite de s'appuyer sur des hypothèses démographiques communes. Que recouvrent ces projections mondiales ? Pour mieux le comprendre, il est utile de regarder de plus près la situation régionale proposée par ces mêmes prospectives. Les scénarios A de l'IIASA d'une part, C+ (IIASA) et NOE d'autre part, se différencient d'abord par la répartition des quantités d'énergie par habitant et les quantités d'énergie

totales par régions du monde à différents horizons. Alors que la consommation d'énergie par habitant des pays du Nord continue à augmenter dans les scénarios A de 4,65 à 6,9 tep de 1990 à 2050, elle diminue au contraire pour ces mêmes pays dans les scénarios C et NOE de 4,65 à 3,7 tep. Pendant ce temps, celle des pays en développement passent sur la même période de 0,75 à 1,40 tep/hab dans les scénarios C et 1,69 dans les scénarios A. Quant à la nature des ressources mises en œuvre, c'est l'objet du tableau 1 qui regroupe pour 2020 et 2050 les répartitions entre pays industrialisés et pays en développement des différentes ressources énergétiques appelées par les scénarios du CME et NOE.

On remarque que, entre 1990 et 2020, dans pratiquement tous les scénarios (à l'exception du scénario A3), l'effort des pays industrialisés dans le domaine des renou-

velables reste très modeste : en moyenne, sur les 7 scénarios qui représentent des politiques énergétiques contrastées, la mobilisation de nouvelles ressources renouvelables dans les pays du Nord n'est que de 275 Mtep alors qu'elle est trois fois plus importante

(760 Mtep) pour les pays en développement.

Si l'on se borne à analyser les scénarios les plus respectueux de l'environnement et donc les plus économes en énergie et les plus défavorables aux énergies fossiles, qui paraissent aujourd'hui comme les seuls qui permet-

tent de contenir les émissions de gaz à effet de serre dans des limites pas trop dangereuses pour l'évolution du climat, les pays industrialisés mobiliseraient 175 Mtep d'EnR supplémentaires en 2020 et les pays en développement 710 Mtep de ces mêmes énergies.

Tableau 1 : Répartition Nord Sud de l'appel aux énergies renouvelables en 2020 et 2050 de différents scénarios énergétiques

Scénarios	1990	2020					
		CME A1	CME A2	CME A3	CME C1	CME C2	NOE
PED							
Renouvelables	1090	1760	1810	2135	1720	1665	2020
Fossiles	1940	5490	5550	4990	4225	4215	3140
Nucléaire	25	140	25	215	65	130	40
Total	3055	7390	7385	7340	6010	6010	5200
Pays industriels							
Renouvelables	511	715	760	1180	665	655	730
Fossiles	4985	6510	6675	6020	4145	4050	3760
Nucléaire	425	765	550	820	605	715	410
Total	5921	7990	7985	8020	5415	5420	4900
Monde							
Renouvelables	1601	2475	2570	3315	2385	2320	2750
Fossiles	6925	12000	12225	11010	8370	8265	6900
Nucléaire	450	905	575	1035	670	845	450
Total	8976	15380	15370	15360	11425	11430	10100

Scénarios	1990	2050					
		CME A1	CME A2	CME A3	CME C1	CME C2	NOE
PED							
Renouvelables	1090	4095	4025	5070	4295	3820	3850
Fossiles	1940	9460	9915	8165	5132	5040	4230
Nucléaire	25	885	475	1015	128	700	20
Total	3055	14440	14415	14250	9555	9560	8100
Pays industriels							
Renouvelables	511	1450	1655	2285	1340	1225	1050
Fossiles	4985	6925	8155	6315	2958	2395	1970
Nucléaire	425	2020	615	1810	392	1070	80
Total	5921	10395	10425	10410	4690	4690	3100
Monde							
Renouvelables	1601	5545	5680	7355	5635	5045	4900
Fossiles	6925	16385	18070	14480	8090	7435	6200
Nucléaire	450	2905	1090	2825	520	1770	100
Total	8976	24835	24840	24660	14245	14250	11200

En fait cette mobilisation supplémentaire serait plus importante encore puisque les scénaristes ont fait l'hypothèse d'un déclin continu du recours à la biomasse traditionnelle dans les pays du Sud de 1990 à 2050 qui se traduit par une chute d'un facteur de l'ordre 2 en 2020. S'ajoutent donc aux 710 Mtep déjà indiqués 300 Mtep environ de substitution de biomasse moderne à du bois de feu. Soit au total plus 1000 Mtep pour les pays en développement et 175 pour les pays du Nord en 2020.

Il est intéressant de comparer ces chiffres aux indications de potentiels raisonnablement accessibles qui sont discutés dans l'article précédent.

Une projection minimaliste pour les pays du Nord

Comme on l'a vu dans l'article précédent les potentiels supplémentaires raisonnablement mobilisables de ces énergies autour des années 2000 sont respectivement de 950 et 1150 Mtep. En 2020 ces potentiels pourraient atteindre respectivement 1320 et 1920 Mtep. L'effort des pays du Sud paraît donc sans commune mesure avec celui des pays du Nord, aussi bien en valeur absolue qu'en proportion des potentiels d'utilisation raisonnables de ces énergies.

En effet en 2020 les pays industrialisés sont supposés n'avoir mis en œuvre que 18% du potentiel encore à mobiliser des années 2000, 13% de celui des années 2020, alors que les pays du Sud sont supposés

avoir à cette époque mis en œuvre 85% du potentiel accessible des années 2000 dont ils disposent et 58% de celui dont ils pourraient disposer en 2020. Les chiffres de 2050 confirment cette tendance : entre 1990 et 2050 les PED sont supposés mobiliser en moyenne 3100 Mtep d'énergies renouvelables supplémentaires alors que les pays du Nord dans le même temps en mobiliseraient seulement 990.

La dissymétrie relevée est d'autant plus forte que les potentiels de ces énergies renouvelables sont nettement plus faciles à récolter au Nord qu'au Sud. Dans les pays du Nord, ces énergies pourraient en effet se substituer aux énergies fossiles déjà utilisées et donc répondre à une demande existante (et donc en très grande partie solvable), alors que la pénétration des énergies dans les pays du Sud, qu'elles soient d'ailleurs fossiles, fissiles ou renouvelables, ne peut s'imaginer que dans la perspective d'un développement créant une demande supplémentaire d'énergie et rendant cette demande plus ou moins solvable.

Il y a donc une contradiction certaine entre les objectifs affichés de pénétration des énergies renouvelables à long terme au niveau mondial et les stratégies sous-jacentes aux différents scénarios régionaux. Tout se passe donc comme si les pays du Nord, conscients des problèmes engendrés par les émissions de gaz à effet de serre, proposaient à la

communauté internationale un recours massif aux énergies renouvelables, mais sauf chez eux, alors qu'ils y disposent de potentiels mobilisables encore très importants, des marchés principaux, des capacités de financement et des capacités techniques et industrielles indispensables.

Quelle contribution aux besoins en énergies finales ?

L'analyse du tableau en énergies finales présenté ci-après permet d'apporter d'autres précisions sur les images projetées par les prospectivistes de l'énergie. L'IIASA propose en effet une répartition prospective de l'usage final des énergies aux différentes époques en quatre rubriques (tableau 2) :

- les combustibles solides, qu'ils proviennent du charbon ou de la biomasse,
- les combustibles liquides (d'origine fossile ou renouvelables), essentiellement à fonction de carburants,
- l'électricité,
- la chaleur (réseaux de chaleur) et les gaz (le gaz naturel, éventuellement l'hydrogène) distribués par réseaux.

En 2020 dans tous les scénarios présentés la part des combustibles reste majeure dans les pays en développement avec plus de 40% du total, celle des carburants atteint 35% de l'ensemble, celle de l'électricité reste encore modeste (9%). Dans les pays riches en 2020, les combustibles solides ont presque disparu (< 300 Mtep, 6% du total), les carburants et

les gaz distribués par le réseau atteignent des parts d'usage final de 37%, l'électricité 20%.
Devant ces besoins d'énergie

finale au Nord et au Sud quels potentiels d'énergies renouvelables sont mobilisables ?
La comparaison des besoins

d'énergie finale des scénarios C aux potentiels que nous avons analysés dans l'article précédent s'établit comme suit.

Tableau 2 : Répartition Nord Sud des usages finaux de l'énergie en 2020 et 2050 dans différents scénarios énergétiques

Energies finales	1990	2020				
		A1	A2	A3	C1	C2
Scénarios						
PED						
Combustibles Solides	1391	2332	2405	2443	2113	2106
Carburants	665	2157	2130	2026	1541	1551
Electricité	180	499	507	541	427	426
Gaz et chaleur	133	780	721	708	713	704
Total	2369	5768	5763	5718	4794	4787
Pays industriels						
Combustibles Solides	535	318	384	276	253	246
Carburants	1866	2250	2177	2069	1242	1247
Electricité	651	1132	1182	1177	791	787
Gaz et chaleur	1029	1938	1895	2092	1467	1470
Total	4081	5638	5638	5614	3753	3750
Monde						
Combustibles solides	1926	2650	2789	2719	2366	2352
Carburants	2531	4407	4307	4095	2783	2798
Electricité	831	1631	1689	1718	1218	1213
Gaz et chaleur	1162	2718	2616	2800	2180	2174
Total	6450	11406	11401	11332	8547	8537

Scénarios	1990	2050				
		A1	A2	A3	C1	C2
PED						
Combustibles solides	1391	2594	3268	3080	1898	1899
Carburants	665	4183	3838	3390	2489	2481
Electricité	180	1211	1290	1323	923	908
Gaz et chaleur	133	2286	2025	2523	1628	1647
Total	2369	10274	10421	10316	6938	6935
Pays industriels						
Combustibles solides	535	63	72	61	61	60
Carburants	1866	3037	2435	2235	929	892
Electricité	651	1674	1846	1712	868	816
Gaz et chaleur	1029	1965	2695	2848	1250	1198
Total	4081	6739	7048	6856	3108	2966
Monde						
Combustibles solides	1926	2657	3340	3141	1959	1959
Carburants	2531	7220	6273	5625	3418	3373
Electricité	831	2885	3136	3035	1791	1724
Gaz et chaleur	1162	4251	4720	5371	2878	2845
Total	6450	17013	17469	17172	10046	9901

Pays du Nord

Le potentiel de bois énergie moderne de 550 Mtep dépasse les besoins de combustibles solides qui sont de l'ordre de 360 Mtep compte tenu du rendement énergie primaire/énergie finale (70%). 100% des usages combustibles solides pourraient donc être assurés en 2020 par le bois énergie moderne. Le surplus, de l'ordre de 200 Mtep, devrait fournir soit de l'électricité soit de la chaleur de réseau.

Celui d'électricité, de l'ordre de 750 Mtep (3300 TWh), serait susceptible de répondre à une part d'environ 30% des besoins d'électricité avancés par les scénarios C (790 Mtep d'électricité finale, 10 000 TWh environ en tenant compte des pertes de distribution).

Les filières thermiques solaires et déchets, avec un total de l'ordre de 200 Mtep, pourraient contribuer à 15% environ des besoins d'énergie finale du secteur « gaz et chaleur ».

Enfin le potentiel des cultures énergétiques, si on le consacrait entièrement aux besoins de carburants, pourrait assurer 10 à 15% des besoins recensés en 2020.

Pays du Sud

Le potentiel de bois-énergie moderne de 1120 Mtep serait susceptible de répondre à une part, de l'ordre de 35%, des besoins de combustibles solides qui sont d'environ 2800 Mtep compte tenu du rendement énergie primaire/énergie finale (70%).

Celui d'électricité, de l'ordre de 780 Mtep (3 200 TWh), serait susceptible de répondre à une part de l'ordre de 60% des besoins d'électricité avancés par les scénarios C (430 Mtep d'électricité finale, 5500 TWh environ en tenant compte des pertes de distribution).

Les filières thermiques solaires et déchets avec un total de l'ordre de 600 Mtep pourraient

contribuer à 35% environ des besoins d'énergie finale du secteur « gaz et chaleur ».

Enfin le potentiel des cultures énergétiques (160 Mtep), même si on le consacrait entièrement aux besoins de carburants, ne pourrait assurer que moins de 10% des besoins recensés en 2020.

En résumé, le tableau 3 montre que les énergies renouvelables peuvent jouer un rôle important bien que contrasté au Nord et au Sud pour les usages combustibles et électricité primaire, plus modeste pour la chaleur et les réseaux de gaz dans les pays du Nord et encore très marginal en 2020 aussi bien au Nord qu'au Sud pour les carburants.

Tableau 3 :
Contribution potentielle des EnR en 2020 dans les scénarios C de l'IASA

Contribution potentielle des EnR en 2020	Combustibles solides	Electricité	Carburants	Gaz et réseaux de chaleur
Pays du Nord	100 %	30 %	10 %	15 %
Pays du Sud	35 %	60 %	< 10%	35 %

L'utilisation des énergies renouvelables a plusieurs effets favorables sur l'environnement local et régional. Par contre, certaines des filières renouvelables posent des problèmes d'intégration dans les paysages et éventuellement de nuisances acoustiques comme les éoliennes. Enfin les grandes installations hydrauliques peuvent amener à des déplacements de population importants et à des bouleversements de l'équilibre des écosystèmes des bassins versants et des rivières sur lesquels ils sont aménagés. Reste la question des gaz à effet de serre qui soulève souvent des interrogations. Nous donnons ci-dessous un éclairage rapide sur cette question.

Global Chance

En ce qui concerne la biomasse deux aspects doivent être considérés : les émissions de gaz carbonique et les émissions éventuelles d'autres gaz à effet de serre au cours de la combustion, en particulier le méthane (CH_4) et le peroxyde d'azote (N_2O).

Le GIEC s'est penché en 1996 sur cette question controversée.

Il a considéré que la combustion de la biomasse, considérée comme renouvelable, ne contribuait pas à l'émission globale de CO_2 . En effet dans ce cas, la quantité de CO_2 dégagée par la combustion d'une unité de biomasse est réabsorbée par la reconstitution de la même unité de biomasse par photosynthèse.

Par contre, restent les émissions de CH_4 et de N_2O qui dépendent beaucoup de la façon dont cette biomasse est brûlée.

Le GIEC, tout en soulignant le caractère approximatif des chiffres qu'il indique, propose une répartition des émissions en fonction de l'usage sectoriel de la biomasse et de la nature de cette biomasse, bois et déchets de bois, charbon de bois, autres biomasses. Il distingue principalement les usages industriels (industrie énergétique et manufacturière) où les émissions de CH_4 sont très bien contrôlées dans

des chaudières et des fours modernes et les usages tertiaires résidentiels et agricoles où les transformateurs d'énergie sont beaucoup moins élaborés. Le tableau 1 donne les chiffres retenus par tep pour le CH_4 et le N_2O ainsi que l'équivalent carbone obtenu avec les coefficients d'équivalence retenus pour ces gaz par le même GIEC sur une période de 100 ans (6,7 pour le CH_4 et 81 pour le N_2O).

A partir de ces indications, on peut reconstituer le total des émissions de gaz à effet de serre de la combustion des différentes formes de biomasse dans les différents secteurs, dans l'hypothèse implicite où l'utilisation de cette biomasse ne se traduit pas par une déforestation définitive. C'est l'objet du tableau 2.

Les émissions de gaz à effet de serre restent donc modestes par rapport à celles des combustibles fossiles dans la mesure où la biomasse utilisée est renouvelée : de 2 à 9% des émissions de combustion du charbon selon les secteurs d'utilisation, de 2,5 à 11% de celles du pétrole, de 6 à 15% de celles du gaz naturel.

Néanmoins il faut observer que dans les pays qui en font un usage important et dans de très mauvaises conditions de transformation, pour la cuisine par

exemple, avec des consommations par habitant 10 fois plus fortes pour cet usage qu'en Europe, les émissions de GES associées à cet usage peuvent dépasser celles liées aux émissions de GES d'un Européen utilisant un combustible fossile pour ce même usage.

Pour compléter ce tableau il faut se poser la question du devenir de la biomasse brûlée si elle n'avait pas servi à cet usage. Les émissions associées aux déchets de bois laissés sur le terrain, agricoles ou ménagers dépendent du traitement qui leur est appliqué. Si les déchets sont brûlés directement

dans des incinérateurs ou des chaudières, ils conduisent aux émissions précédentes. Par contre, s'ils sont mis en décharge ils produisent par fermentation 60 kg de CH₄ par tonne de déchets et 380 kg d'équivalent carbone (sur 100 ans). Ainsi 10 tonnes de déchets, équivalents à 1 tep, émettront 600 kg de CH₄ s'ils sont enterrés en décharge. Pour l'effet de serre, ces 600 kg de méthane sont équivalents à 3,8 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 3,8 tonnes

d'équivalent carbone dans l'atmosphère. De la même manière, la récupération de gaz de décharge à 70 ou 80% peut éviter de l'ordre de 3 tC/tep. Dans le cas des déchets de bois laissés sur le terrain, selon le climat, et la nature des déchets, une partie se détruit par digestion aérobie qui produit du CO₂ et éventuellement une autre partie par digestion anaérobie si le sol est humide ou les déchets enterrés. Dans tous les cas, les déchets laissés sur place et finissant par pourrir contribuent avec des proportions diverses d'émission de CO₂ et de CH₄ aux émissions de gaz à effet de serre.

Tableau 1 : Émissions de gaz à effet de serre annexes de la biomasse renouvelable dans les différents secteurs socio-économiques

	Bois et déchets de bois		Charbon de bois		Autre biomasse	
	kg CH ₄ /tep	Equivalent carbone	kg CH ₄ /tep	Equivalent carbone	kg CH ₄ /tep	Equivalent carbone
Industrie énergétique	1,3	7,8	8,3	52,3	1,3	7,8
Industrie manufacturière	1,3	7,8	8,3	52,3	1,3	7,8
Tertiaire	12,5	78,4	8,3	52,3	12,5	78,4
Résidentiel	12,5	78,4	8,3	52,3	12,5	78,4
Agriculture	12,5	78,4	8,3	52,3	12,5	78,4

	Bois et déchets de bois		Charbon de bois		Autre biomasse	
	kg N ₂ O/tep	Equivalent carbone	kg N ₂ O/tep	Equivalent carbone	kg N ₂ O/tep	Equivalent carbone
Industrie énergétique	0,2	13,5	0,2	13,5	0,2	13,5
Industrie manufacturière	0,2	13,5	0,2	13,5	0,2	13,5
Tertiaire	0,2	13,5	0,0	3,4	0,2	13,5
Résidentiel	0,2	13,5	0,0	3,4	0,2	13,5
Agriculture	0,2	13,5	0,0	3,4	0,2	13,5

Tableau 2 : Émissions totales en équivalent carbone

Totaux équivalent carbone (kg C par tep)	Bois et déchets de bois	Charbon de bois	Autre biomasse
Industrie énergétique	21,3	65,8	21,3
Industrie manufacturière	21,3	65,8	21,3
Tertiaire	91,9	55,6	91,9
Résidentiel	91,9	55,6	91,9
Agriculture	91,9	55,6	91,9

La fuite en avant technologique :

l'exemple de l'hydrogène

Benjamin Dessus
Président du Club « Énergie prospective et débats »
du Commissariat Général au Plan

Parmi « les ruptures technologiques » régulièrement évoquées pour résoudre définitivement la crise énergétique et environnementale que devra affronter à moyen terme l'humanité (du type fusion nucléaire, satellites solaires, stockage massif du gaz carbonique au fond des océans, géothermie profonde des roches sèches, ensemencement à grande échelle de l'océan de sels minéraux pour accélérer la croissance du plancton et piéger ainsi le CO₂, etc.), l'hydrogène est actuellement bien placé. Depuis quelques années, ses défenseurs mettent au service de leur cause la synergie profonde qui existerait entre le développement de ce vecteur énergétique, la pile à combustible et les énergies renouvelables. C'est pourquoi, à titre d'exemple, nous avons choisi d'examiner de plus près les conséquences que pourrait avoir une telle rupture technologique sur le développement des énergies renouvelables et plus généralement sur le développement durable.

Global Chance

En cette fin d'année 2001, l'hydrogène revient sur le devant de la scène. Ce n'est d'ailleurs pas la première fois, mais si l'on en reparle avec tant d'insistance, c'est sûrement parce qu'il s'est passé quelque chose de nouveau, une découverte inattendue, une rupture technologique, un nouveau concept ? Pourquoi, sinon le Commissariat au Plan et la Direction Générale de l'énergie et des matières premières du Secrétariat d'Etat à l'Industrie y auraient-ils consacré un séminaire le 28 novembre dernier et le Commissariat à l'Énergie Atomique une journée complète de colloque avec la présence de personnalités aussi prestigieuses que le ministre de la recherche, le secrétaire d'état à l'industrie français et le commissaire européen à la recherche ?

Tout simplement, semble-t-il, parce que l'hydrogène, associé ou non aux EnR, combine toutes les vertus : quoi de plus propre que ce gaz qui, quand on le fait brûler produit de l'eau comme déchet ?

Quoi de plus abondant et de plus naturel, puisque l'hydrogène est partout dans la nature, et qu'il « suffit » de le séparer de l'oxygène de l'eau ou du carbone des matières orga-

niques pour en disposer à satiété, pour refaire de l'eau en le brûlant, voire même pour servir de combustible à la fusion nucléaire contrôlée ?

Quoi de plus utile au développement des énergies renouvelables, bien handicapées par leur flux aléatoire et intermittent, puisque l'hydrogène permet de les « stocker » pour enfin déconnecter production et consommation d'énergie.

Quoi de plus séduisant enfin que la pile à combustible qui fonctionne à l'hydrogène avec un bon rendement à toutes les allures et pour toutes les puissances, qui ne fait pas de bruit, ne pollue pas et permet de faire tourner nos voitures et chauffer nos maisons en même temps qu'alimenter leurs appareils ménagers ?

C'est avec l'ensemble de ces préjugés favorables que sont bien souvent analysés les différents éléments du puzzle que constitue une telle filière, en rupture avec les filières traditionnelles. Et tout le monde ou presque de s'enthousiasmer, parfois avec quelques arrière-pensées financières, pour cette sortie de crise énergétique et environnementale par la haute technologie.

Quant à ceux qui émettent parfois quelques réserves sur de

tels enthousiasmes d'ingénieur, ce sont sans aucun doute des attardés qui ont peur du progrès comme nos arrière grands parents avaient peur du train ! Est-il permis, cependant, de prendre le risque d'y regarder d'un peu plus près, et d'essayer de faire la part des choses ?

L'hydrogène

Comme l'électricité c'est un vecteur énergétique et pas une ressource énergétique : on ne trouve pas dans la nature de gisements d'hydrogène directement utilisable, comme on trouve du charbon, du bois, du pétrole ou du gaz naturel.

Sa fabrication

Il faut donc le fabriquer à partir d'une matière première qui en contient. Il existe deux sources principales :

- L'eau (H_2O), dont la décomposition en hydrogène et oxygène peut s'obtenir en pratique soit par électrolyse soit par réaction thermochimique à haute température ($> 800\text{ }^\circ\text{C}$) ; on notera au passage que le « *cracking* » cassant la molécule d'eau n'intervient que vers $2500\text{ }^\circ\text{C}$, ce qui rend bien peu probable son utilisation pratique en matière énergétique.
- Les hydrocarbures et la biomasse ; il faut séparer par voie chimique l'hydrogène qui est lié au carbone et souvent à l'oxygène dans ces molécules plus complexes mais généralement moins stables que l'eau. C'est le « reformage ».

Dans tous les cas, il faut dépenser de l'énergie pour produire et isoler l'hydrogène. Toutes les sources, y compris le char-

bon, peuvent être candidates. Les deux sources d'hydrogène sont accessibles aux énergies renouvelables : l'électrolyse de l'eau si on utilise de l'électricité renouvelable, par exemple de l'électricité hydraulique ou éolienne et le reformage si l'on utilise de la biomasse.

Quelle que soit la matière première utilisée (eau, hydrocarbure fossile ou biomasse) et quelle que soit la filière d'extraction retenue (chimique ou électrique) cette opération ne se fait pas sans coût énergétique (le rendement de l'opération) sans coût écologique (les émissions et rejets de l'ensemble des opérations), ni sans coût économique (investissement et fonctionnement des machines pour extraire l'hydrogène de la matière première).

Coûts énergétiques, écologiques et économiques de la fabrication de l'hydrogène

Dans les meilleures conditions technico-économiques actuelles (pression, température et densité de courant élevées) l'électrolyse de l'eau produit de l'hydrogène avec un rendement de l'ordre de 50 à 55%. Les cycles thermochimiques fonctionnant à haute température pourraient atteindre 40% de rendement. Le reformage des hydrocarbures produit de l'hydrogène avec des rendements de 70% à 80 % selon la taille et la sophistication des installations.

Du point de vue écologique, l'électricité nécessaire à l'électrolyse provoque des émissions

de gaz à effet de serre si elle est d'origine fossile, des déchets nucléaires si elle est d'origine nucléaire. L'électricité renouvelable échappe à ces critiques de pollution mais peut aussi engendrer des problèmes environnementaux divers.

Quant à la transformation des matières premières fossiles et de la biomasse pour en extraire l'hydrogène elle consomme de l'énergie thermique et conduit dans la plupart des cas à des émissions significatives de gaz à effet de serre (sauf si on utilise aussi de la biomasse pour fournir l'énergie thermique nécessaire).

Du point de vue économique, la fabrication de l'hydrogène par électrolyse entraîne aujourd'hui des surcoûts importants par rapport à la production d'un carburant traditionnel. EDF a calculé un coût à la tep de l'ordre de 1500 à 1700 Euros pour l'hydrogène électrolytique fabriqué avec de l'électricité nucléaire d'heures creuses, 10 fois environ le coût d'un carburant pétrolier sortie de raffinerie. Même avec un rendement potentiel de pile à combustible deux fois supérieur à celui des moteurs thermiques, il manque encore un facteur 5 environ pour atteindre la compétitivité.

Le reformage des hydrocarbures, en pratique aujourd'hui le CH_4 qui constitue le gaz naturel, est plus abordable et produit de l'hydrogène à des coûts de l'ordre de 500 à 600 Euros la tep, mais produit du CO_2 , gaz à effet de serre. La transformation de la biomasse permettrait d'échapper à cette

fatalité, à condition que l'énergie nécessaire au reformage soit également renouvelable, mais à des coûts actuellement nettement plus élevés que pour le reformage du CH₄.

Transport et stockage

Le transport de l'hydrogène par gazoducs ne pose pas de problèmes insurmontables : il est déjà réalisé pour les applications chimiques de l'hydrogène. Des précautions spéciales, notamment le choix des aciers spéciaux que l'hydrogène fragilise, doivent être prises. Avec quelques précautions supplémentaires on envisage d'utiliser les gazoducs à gaz naturel pour effectuer son transport (soit dans un premier temps en mélange avec le gaz naturel, soit pur à plus long terme).

Son stockage massif peut s'envisager dans des cavités salines ou des aquifères comme pour le gaz naturel au prix d'un surcoût actuellement estimé à 150 à 170 Euros par tep.

On peut également envisager de le stocker sous pression ou sous forme liquide. C'est d'autant plus nécessaire que la densité énergétique de l'hydrogène est modeste par rapport à ses concurrents : à volume égal, sous forme gazeuse, il a une capacité calorifique trois fois inférieure à celle du gaz naturel, et à l'état liquide (la liquéfaction se produit à -253 degrés et consomme de 30 à 50% de l'énergie contenue dans l'hydrogène) il a une capacité calorifique 4 fois inférieure à celle de l'essence. La meilleure solution actuelle est de le comprimer à des pressions d'au

moins 300 bars (on envisage 700 bars). C'est pourquoi la recherche s'oriente vers l'emploi de matériaux de stockage (carbones hydrurés, hydrures métalliques) qui permettraient de réduire de telles pressions de stockage qui posent à la fois des problèmes de sécurité et de dépenses énergétiques (la mise en pression).

Le transport et le stockage de l'hydrogène sous forme décentralisée, posent encore de nombreux problèmes technologiques et entraînent des dépenses énergétiques significatives qui viennent grever les coûts globaux de la filière.

L'usage final de l'hydrogène

C'est là que les principaux avantages de l'utilisation de l'hydrogène apparaissent. Il peut en effet être utilisé comme carburant en substitution aux carburants traditionnels dans un moteur thermique, ou actionner une pile à combustible. Dans les deux cas, il ne produit en principe comme rejet à l'utilisation que de la vapeur d'eau. Il faut toutefois noter que la flamme d'hydrogène a une température nettement plus élevée que celle des hydrocarbures et que sa combustion produit spontanément davantage d'oxydes d'azote NOx.

Les perspectives les plus intéressantes sont celles de l'usage des piles à combustible de différentes technologies qui présentent toutes des rendements bien meilleurs que les moteurs thermiques classiques.

Les piles à combustible

Il en existe plusieurs types, qui ont en commun :

- De présenter de bons rendements de production d'électricité (de 40 à 60% selon les technologies) dans une gamme de puissance de quelques dizaines de Watts à plusieurs centaines de kW et ce avec une sensibilité réduite au régime qu'on leur impose.
- De ne présenter aucune partie tournante et donc d'être très silencieuses (auxiliaires mis à part).
- De ne pas polluer localement, sauf si la préparation sur place du combustible (hydrogène via reformage par exemple) produit elle-même des polluants.

Enfin leur rendement global peut être fortement amélioré par l'utilisation locale de la chaleur qu'elles produisent en même temps que l'électricité. Ces différentes caractéristiques expliquent largement l'intérêt que suscitent ces nouveaux transformateurs d'énergie. Mais pour passer du rêve à la réalité, il faut s'assurer que l'ensemble de la chaîne énergétique, depuis la ressource primaire jusqu'au service rendu, a des chances de cumuler des avantages énergétiques et/ou environnementaux et économiques sur ses concurrents traditionnels ; il faut aussi avoir à l'esprit que le progrès technique s'applique, non seulement aux nouvelles filières, mais aussi aux filières plus traditionnelles qui ne cessent pas de faire des progrès. Enfin, il faut garder à l'esprit que la liaison « pile à combustible - éco-

nomie de l'hydrogène» présentée souvent comme allant de soi n'a rien d'inéluctable puisque les piles à combustibles peuvent utiliser comme carburant, plus ou moins directement selon les technologies, le gaz naturel, les biogaz, le méthanol, ou des carburants pétroliers divers.

Donnons en un exemple, celui des transports automobiles avec une comparaison des performances des diverses motorisations envisageables pour les automobiles en usage routier. (Tableau 1).

On voit par exemple immédiatement que, malgré les performances qu'on peut espérer au niveau de la pile, il faut atteindre des performances très élevées de rendement de raffinage et reformage du carburant en amont de la pile, de l'ordre de 70 à 75%, ce qui n'est pas acquis aujourd'hui, pour égaler ou dépasser la filière hybride essence. On voit aussi que la filière hydrogène électrolytique est très handicapée par son rendement global.

Mais surtout, au-delà des fourchettes de chiffres présentés qui peuvent évoluer selon les filières avec des percées techniques, ce tableau a pour fonction de montrer l'importance qu'il y a à envisager l'ensemble de la filière pour juger de ses performances.

Et les énergies renouvelables dans tout cela ?

La rapide analyse précédente nous engage à nuancer fortement le ton quelque peu « Perrette et le pot au lait » du discours des tenants inconditionnels de l'hydrogène associé aux piles à combustible. On se rend bien compte que, pour l'un comme pour l'autre, les perspectives de développement doivent être replacées dans un ensemble plus vaste, en tenant compte d'autres technologies émergentes, du développement des technologies traditionnelles et en intégrant dans l'analyse l'ensemble des filières jusqu'à l'énergie utile. Quand

on s'astreint à cette discipline, on constate que la pile à combustible présente des perspectives intéressantes dans des niches de marché spécifiques souvent liées aux préoccupations d'environnement local (en particulier urbain), mais se trouve en concurrence à la fois avec des technologies émergentes (véhicule hybride et micro-turbines à gaz par exemple dans les transports et l'habitat) et parfois plus traditionnelles (comme le diesel « *common rail* » par ex.), ou moins médiatiques comme les moteurs Stirling dont on continue de parler, sans que des avantages clairs puissent se dégager au niveau de l'environnement global, du bilan énergétique et du bilan économique par rapport à ces autres solutions.

C'est tout au moins le cas quand les ressources primaires utilisées sont des ressources fissiles ou fossiles. Les perspectives de développement massif du vecteur

Tableau 1 : Rendement global des différentes filières de propulsion automobile

Filière	Rendement de la filière carburant ou électricité	Rendement du groupe moteur	Rendement total
Essence injection (normes 2005)	0,81	0,25	0,2
Diesel common rail (normes 2005)	0,84	30 à 35%	25 à 29%
PAC à hydrogène électrolytique	18 à 20%	0,55	10 à 11%
PAC à gaz naturel ou à pétrole	60 à 75%	50 à 55%	32 à 41%
Hybride série essence (normes 2005)	0,81	38 à 45%	31 à 36%
Véhicule électrique (électricité de centrale à gaz à cycle combiné)	52 à 56%	70 à 75% (1)	36 à 42%

(1) compte tenu du rendement de charge et décharge des batteries.

Note. La première colonne décrit le rendement d'obtention du carburant utilisé par le moteur de la voiture (raffinage, reformage, etc.) pour des normes d'environnement données (ici les normes européennes 2005). La deuxième décrit le rendement du groupe motopropulseur lui-même pour chacune des filières. La dernière présente la résultante de ces deux rendements.

hydrogène sont au moins aussi nuancées.

Est-ce que cette situation risque d'être bouleversée par l'introduction des renouvelables sous leurs différentes formes ? Ou réciproquement l'hydrogène et ou la pile à combustible présentent-ils une opportunité unique pour le développement des énergies renouvelables ?

Il est vrai que, tout au moins en principe, l'hydrogène et les piles à combustible libèrent les énergies renouvelables de trois de leurs contraintes majeures : leur faible concentration géographique, leur caractère irrégulier, la difficulté de leur stockage, sans provoquer d'émissions de gaz à effet de serre supplémentaires ni de pollution locale.

Examinons ces différents points pour les diverses filières renouvelables.

Filières d'électricité primaire (hydraulique, éolien, photovoltaïque)

Il est bien vrai qu'à travers le transport d'électricité primaire renouvelable décentralisée, l'électrolyse industrielle et le stockage de l'hydrogène dans des cavités ou dans des aquifères, on peut s'affranchir des problèmes de fluctuation et de faible densité géographique de la ressource puisqu'on peut concentrer et stocker ainsi de l'énergie dans des conditions assez analogues à celles du gaz naturel.

Mais cela suppose un transport d'électricité loin de son lieu de captation vers quelques sites de stockage à

partir des quels il faudra redistribuer l'hydrogène vers les lieux de consommation, ce qui risque d'entraîner des coûts économiques et des pertes significatifs.

Mais surtout on a vu plus haut que même avec une production déjà centralisée et régulière d'électricité très bon marché nucléaire ou hydraulique d'heures creuses, le coût de l'hydrogène produit reste encore d'un ordre de grandeur trop élevé. Ce surcoût risque d'être renforcé si l'on met en œuvre des énergies plus diluées et plus fluctuantes comme l'éolien. Quant au photovoltaïque l'ordre de grandeur de son coût actuel et prévisible dans les deux décennies qui viennent (40 à 45 centimes d'Euro par kWh aujourd'hui et potentiellement 0,15 centimes en 2020) l'exclut pratiquement de la compétition. Dans l'ensemble de ces cas c'est donc le coût de l'opération de passage au vecteur hydrogène qui risque de maintenir pour longtemps cette solution dans la confidentialité.

Filières biomasse

On peut aussi envisager de fabriquer l'hydrogène à partir de la biomasse en passant par des techniques de pyrolyse, de gazéification ou divers procédés biologiques utilisant plus ou moins directement l'énergie solaire. Le CO₂ émis pendant ces opérations étant réabsorbé au cours du renouvellement de la biomasse utilisée n'a plus à être pris en compte, au

moins au premier ordre. Mais dans ce cas l'aspect stockage et densification énergétique devient moins important dans la mesure où le bois par exemple présente à la fois une densité énergétique non négligeable de l'ordre de 0,3 tep par m³ de bois sec, bien supérieure à celle de l'hydrogène. L'intérêt principal est alors de disposer d'un carburant ou d'un combustible plus faciles à utiliser dans certaines applications, par exemple les automobiles. Mais c'est alors aux carburants issus de la biomasse (alcools, huiles végétales, méthanol, etc.) et à leur utilisation purs ou en mélange dans des moteurs traditionnels ou dans des hybrides qu'il faut comparer la solution hydrogène et pile à combustible.

Si l'on admet dans les deux cas que l'hypothèque du CO₂ est levée, ce sont les considérations économiques qui risquent de discriminer les solutions envisageables, dans des conditions très analogues à ce que nous avons exposé pour les filières fossiles.

A l'issue de cette rapide discussion, on peut donc raisonnablement dire que si les filières hydrogène associées aux piles à combustible présentent des synergies manifestement positives vis-à-vis des renouvelables, elles ne peuvent pas se présenter comme des éléments déterminants de leur pénétration, non plus d'ailleurs que les énergies renouvelables ne représentent une chance

unique pour l'hydrogène et les photopiles. Cela est d'autant plus vrai que l'addition des difficultés inhérentes au développement de technologies non matures à la fois pour les renouvelables, les piles à combustible et l'hydrogène ont toutes chances de se traduire par des surcoûts importants dans toute la période de transition.

En guise de conclusion

Le tour d'horizon que nous avons tenté de faire sur les bilans énergétiques, écologiques et économiques actuels et prospectifs des différentes filières hydrogène et piles à combustibles ne prétend pas à l'exhaustivité ni à une grande précision. Il peut être également remis en cause par des percées technologiques inattendues.

Il n'en reste pas moins que dans l'état actuel de nos connaissances sur l'évolution probable des caractéristiques techniques et économiques des différentes composantes des filières envisagées, il ne se dégage pas d'avantage assez significatif dans aucun des domaines cités (ressources énergétiques, environnement global, économie) pour justifier un

discours résolument optimiste sur l'émergence d'une « Civilisation de l'hydrogène adossée sur l'emploi des ressources renouvelables », capable de résoudre à la fois les problèmes de ressources énergétiques et d'environnement global (effet de serre en particulier) dans des conditions économiques particulièrement favorables à moyen terme (une vingtaine d'années).

Il n'en demeure pas moins que la pile à combustible présente des avantages probablement irremplaçables sur le plan de la pollution locale, en particulier en milieu urbain, avantages qui devraient lui ouvrir des niches importantes de marché.

Cela devrait se voir notamment dans le domaine des transports collectifs urbains, enjeu complexe et soumis à de nombreuses autres influences, en gardant à l'esprit les espoirs parallèles fondés sur les autres modes de stockage d'énergie (en particulier les accumulateurs d'électricité).

ÉNERGIES RENOUVELABLES CONFRONTEES AU DÉFI DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Énergies renouvelables

Edgar Blaustein, Économiste

au Nord

Introduction

Comme le montre l'article "de quoi parle-t-on", le potentiel exploitable des EnR se partage en parts sensiblement égales à moyen terme entre les pays du Nord et les pays du Sud. Mais les conditions de mise en œuvre (financières, stabilité et solvabilité des marchés énergétiques, existence de services techniques, ...) sont plus favorables dans les pays du Nord. Pourtant, et malgré les discours élogieux sur la notion du développement durable, les différents pôles de responsabilité - les électeurs, les contribuables, les consommateurs d'énergie, les responsables politiques, les chefs d'entreprise, les syndicalistes ... - n'ont pas encore créé les conditions économiques et réglementaires d'une plus grande utilisation des EnR.

Pourquoi ? Afin d'éclaircir cet écart entre discours et réalités, il nous semble intéressant de préciser la contribution potentielle des énergies renouvelables au développement durable dans les pays industrialisés : nous examinerons leur contribution aux trois dimensions du développement durable que constituent la pérennité économique, la pérennité sociale et la pérennité environnementale.

Force est de constater que toutes les filières énergétiques, EnR ou autres, présentent des faiblesses vis-à-vis d'au moins l'un de ces critères. Aussi, pour mieux situer la pérennité des EnR, nous les comparerons avec les filières dominantes en Europe, les énergies fossiles et nucléaire.

une responsabilité environnementale, un choix de société

La pérennité économique

La pérennité économique d'une filière énergétique peut se mesurer selon les critères suivants :

Produit-elle un service énergétique à un coût acceptable pour les consommateurs ?

Produit-elle ce service de manière fiable ?

Gardons à l'esprit que la fiabilité de l'approvisionnement énergétique est plus importante que le prix. En effet, pour la majorité des consommateurs, le prix marchand de l'énergie est largement en dessous de la valeur du service apporté. Les économistes diraient que l'élasticité prix de l'énergie est faible. Ceci a été démontré de manière éclatante lors de la crise de l'électricité en Californie : certains utilisateurs ont accepté de payer dix fois plus leur électricité.

Le coût

Nous proposons comme premier élément du critère de pérennité économique, un coût de l'énergie acceptable pour les consommateurs. Dans le système économique actuel, ce critère

conduit pratiquement à la sélection de l'énergie la moins onéreuse à court terme¹. Le discours dominant fait référence à des "lois de marché" qui rendraient inévitable, voire "naturelle", la sélection par le prix à court terme. Ainsi est occulté le fait que le marché qui est une construction sociale et dont le fonctionnement reflète de multiples choix de société est bien évidemment susceptible d'être modifié par cette même société qui l'a créé.

Les énergies fossiles ou nucléaire, du fait de leur faible coût de production, ont la particularité de permettre des prix de vente largement inférieurs à la valeur des services énergétiques rendus aux consommateurs. On en veut pour preuve le fait que, malgré des variations de prix très importantes entre pays industriels, les modes de consommation énergétique ne varient que très peu. En effet, en dehors de quelques industries très intensives en énergie (production d'aluminium, de verre ou d'acier) l'énergie n'entre que de manière marginale dans les prix de revient des produits industriels. De même, pour les consommateurs, le choix des consommations énergétiques reste largement indépendant du prix de l'énergie².

Ce refus de choix par la société a comme conséquence de limiter l'utilisation des EnR, dont les contributions au développement durable ne sont pas intégrées dans leur prix de vente. Nous soutenons, par contre, que les EnR pourraient sou-

vent être commercialisées à un prix de vente acceptable pour la grande majorité des consommateurs. En effet, pour les deux prix emblématiques, celui du kWh et du litre d'essence, les prix de production ne représentent qu'entre un tiers et un cinquième du prix de vente au consommateur final. En fait la répercussion du surcoût de l'utilisation des EnR dans les prix finaux serait bien inférieure aux écarts de prix pour l'utilisateur qu'on peut constater aujourd'hui entre pays industriels³.

La fiabilité de la ressource

La fiabilité d'une filière énergétique dépend, notamment, de la fiabilité intrinsèque des technologies appliquées, et de la pérennité de l'approvisionnement en intrants (ressources naturelles) dont dépend la filière. Par définition, les ressources dont dépendent les filières EnR sont pérennes. Ainsi, toutes les EnR bénéficient d'un avantage comparatif important par rapport aux filières fossiles (voir encadré "Echelle de temps"). En effet, à long terme⁴ les ressources fossiles seront épuisées, et à court terme elles sont susceptibles d'être interrompues du fait de conflits dans les régions exportatrices.

Par contre, les EnR sont souvent variables dans le temps. De ce point de vue, elles peuvent être classées en trois catégories (tableau 1).

L'intégration des EnR "non stockables" (éolienne, hydraulique « fil de l'eau », PV, solaire thermique) dans les systèmes énergétiques pose

L'échelle de temps des énergies

Nous distinguons les EnR des énergies fossiles parce qu'elles se renouvellent par des processus naturels. Fondamentalement, toutes les sources d'énergie sont des restes, en quelque sorte des fossiles, de l'énergie initiale du "Big Bang" cosmologique. Un jour ou l'autre, toutes ces sources d'énergie seront épuisées. Du point de vue de la race humaine, il y a tout de même une différence capitale selon l'échelle de temps en question :

- Moyen terme. Les ressources en pétrole et en gaz naturel conventionnels facilement extractibles pourraient commencer à manquer dans quelques décennies⁵. Cette échelle de temps est comparable à une vie humaine, mais aussi à la vie utile des infrastructures énergétiques (centrales, raffineries, ...).
- Long terme. Les ressources en charbon devraient subsister pour au moins deux siècles⁶. C'est le cas aussi pour l'ensemble des matières fissiles (uranium et thorium, facilement extractibles).
- Très long terme. Les EnR dépendent de processus physiques de transformation d'énergie (fusion solaire) ou de stocks d'énergie (chaleur géothermique, inertie cinétique de la terre, ...) dont la vie se chiffre en millions ou milliards d'années.

problème. La variabilité de la ressource doit être compensée soit par l'installation de capacités de production supplémentaires basées sur des filières non variables, soit par des réseaux de transport à grande distance permettant de combiner différentes sources variables avec des périodes de disponibilité différentes.

Selon le critère de fiabilité de la ressource, les biocarburants semblent jouir d'un avantage tout à fait appréciable par rapport aux carburants fossiles. À l'opposé de ces derniers, ils pourraient être produits dans un grand nombre de pays du monde, et même en partie en Europe. En effet, l'interruption de l'approvisionnement en pétrole constitue un élément de fragilité des systèmes économiques européens et, dans une moindre mesure, nord américaines⁷. Par ailleurs, la réaffectation de terres à la production énergétique permettrait de régler le problème de la surproduction agricole dont "souffrent"⁸ l'Europe et l'Amérique du Nord.

Du même point de vue de fiabilité de la ressource, la biomasse est comparable aux ressources fossiles et nucléaires. L'hydraulique de barrage bénéficie d'un avantage important par

rapport à toutes les autres filières, parce qu'il permet de faire face sans aucun délai aux pointes de la demande.

La fiabilité technique

Aujourd'hui la plupart des filières EnR présentent des fiabilités techniques acceptables. Fondées généralement sur l'emploi d'unités de production plus petites, certaines d'entre elles (voir paragraphe ci-avant relatif à la variabilité) pourraient facilement s'intégrer dans un système de production d'énergie décentralisé, a priori moins sensible aux incidents sur les réseaux de distribution⁹.

Par contre, les filières fossiles et nucléaires présentent des faiblesses de ce point de vue, toutes les deux pouvant donner lieu à des accidents catastrophiques. Les accidents de Tchernobyl, les attentats du 11 septembre et, dans une certaine mesure l'explosion de Toulouse, ont attiré l'attention publique sur la fragilité de ces systèmes qui concentrent de grandes quantités d'énergie et parfois de matières très toxiques. Paradoxalement, le risque d'accident suscite dans nos sociétés

Tableau 1. Classement des EnR en fonction de leur variabilité

Filière EnR	Exploitant une ressource non variable	Exploitant une ressource variable, mais stockable	Exploitant une ressource variable, difficilement stockable
Solaire thermique			•
Solaire photovoltaïque			•
Barrages hydrauliques		•	
Hydraulique " fil de l'eau "			•
Grande éolienne			•
Petite éolienne			•
Géothermie élec ou therm.	•		
Biomasse -> électricité		•	
Biocarburants		•	

Un traitement "rationnel" des risques

La pensée économique néoclassique nous offre la notion "d'intériorisation des externalités" comme outil pour penser le traitement des risques. On pourrait calculer un coût social pour les risques inhérents à la filière nucléaire : évaluer à la fois les probabilités de différents scénarios d'accidents, et la valeur des dommages (ou le coût de la réparation) associée à chaque scénario¹⁰. En appliquant un taux d'actualisation adéquat, on pourrait établir un surcoût "risque" pour le kWh nucléaire ou fossile. Une tarification établie en conséquence permettrait une "vérité des prix" : les consommateurs pourraient choisir en connaissance de cause. Nous sommes encore loin d'appliquer ce genre de traitement à l'analyse et à la prise en compte des risques.

une réaction d'auto aveuglement : nous ne sommes pas capables de traiter "rationnellement" les conséquences catastrophiques d'un accident à faible probabilité.

Les risques associés à la filière nucléaire, et dans une moindre mesure, aux énergies fossiles, se traduisent par un rejet définitif par une partie minoritaire de la population, et une foi sans réserve d'une autre partie. Les divergences s'expriment dans l'arène politique. Nous y revenons ci-après sous l'aspect de la pérennité sociale. Le débat se polarise entre ceux qui pensent qu'il faut arrêter les centrales nucléaires, et ceux qui soutiennent que le risque est négligeable¹¹.

La pérennité environnementale

Les EnR bénéficient, en principe d'un avantage clair par rapport aux filières nucléaire ou fossiles sur le plan de la pérennité environnementale, notamment en ce qui concerne:

les émissions de GES ;

- la pollution des mers lors du transport du pétrole ;
- les accidents catastrophiques (de centrales nucléaires, d'installations de stockage, ...) ;
- le détournement de matières fissiles, en vue d'utilisation terroriste.

Mais, paradoxalement, ce sont des enjeux environnementaux qui ont constitué des facteurs de blocage pour l'énergie éolienne et hydraulique. Ainsi, ce qui devrait être un avantage s'est transformé en inconvénient. L'explication réside dans l'effet NIMBY (Not In My Back Yard, ou, pas dans ma cour).

La politique énergétique européenne

Les priorités européennes pour l'énergie sont :

- la fiabilité et la sécurité de l'approvisionnement
- la compétitivité des entreprises européennes
- l'impact sur l'environnement.

Ces trois objectifs ne recouvrent pas complètement les trois critères du développement durable. En effet, les deux premiers objectifs se rapportent à l'économie, le troisième est environnemental. Par contre, la pérennité sociale du système énergétique n'est pas évoquée.

Ceci n'est guère étonnant : comme le montre plus loin M.C. Zelem, les choix énergétiques sont accaparés par des technocraties. Le système technique fonctionnant correctement, la société civile ne s'en soucie guère. Hormis la filière nucléaire, la pérennité des filières énergétiques ne pose donc pas de problèmes de société en Europe.

En effet, les inconvénients environnementaux des filières nucléaire et fossiles sont en majeure partie des risques diffus, avec des conséquences inconnues voire incalculables, portant sur un avenir incertain et sur des victimes non identifiées : accident, utilisation terroriste de matières nucléaires, changement climatique, souillure d'une plage... Les avantages des EnR sont le miroir de ces inconvénients : elles bénéficient un peu à tout le monde, donc à personne, et protègent contre des dangers difficiles à évaluer et intégrer dans le raisonnement quotidien de Madame et Monsieur Tout le Monde.

Par contre, les inconvénients environnementaux des EnR sont bien identifiés et délimités dans l'espace et le temps, et concernent des groupes de personnes constitués : impact sur un paysage local, mort d'oiseaux, réduction du nombre et variété de poissons dans une rivière, ...

La mesure des inconvénients et avantages respectifs des différentes filières relève donc d'une appréciation socialement construite (voir plus loin l'article de M-C. Zelem sur les contraintes sociologiques au développement des EnR).

La pérennité sociale

Contrairement aux pays du Sud, où la pérennité sociale des systèmes énergétiques constitue un critère direct et déterminant (enjeu de l'accès à l'énergie dans les zones rurales), la pérennité sociale des EnR au Nord est un phénomène indirect, conséquence de critères environnementaux ou économiques.

En effet, les habitants des pays du Nord bénéficient, dans leur très grande majorité, d'un accès facile à des services énergétiques fiables et à des prix abordables. Une utilisation accrue des EnR ne modifierait que très marginalement l'accès aux services énergétiques, et peu leurs prix (encadré "politique énergétique").

Quelle contribution au développement durable ?

À la lumière de l'analyse précédente on constate que les EnR présentent un double apport au développement durable des pays du Nord. : elles permettent de pallier les graves inconvénients environnementaux des énergies fossiles et nucléaires et pourraient contribuer à protéger notre système énergétique contre certains risques de rupture d'approvisionnement.

Mais selon les conditions locales, l'exploitation des EnR peut induire un surcoût dans la production d'énergie. Une augmentation (modeste) du prix final de l'énergie serait nécessaire à la réalisation d'une partie de l'apport potentiel des EnR au développement durable¹².

L'acceptabilité pour les consommateurs du surcoût des EnR dépend donc de la perception sociale de la valeur de leur apport au développement durable. Par exemple, les biocarburants seraient moins sujets à des risques stratégiques que les carburants fossiles, et permettraient de diminuer les émissions de GES. Le surcoût "à la pompe" de biocarburants seraient de l'ordre de 0,10 à 0,20 euro/litre. Les automobilistes, s'ils étaient consultés par référendum, choisiraient-ils un biocarburant "vert" et sûr à 1,30 euro/litre, plutôt que l'essence à 1,20 ?

La contribution au développement durable des EnR dépend donc d'un choix de société, manifesté à travers des mécanismes de décision politiques : devons nous accepter un surcoût de l'énergie, et à quel niveau, pour nous protéger contre les inconvénients, distants dans le temps et l'espace, des filières énergétiques dominantes ?

Développement durable

Edgar Blaustein, Économiste

au Sud

Introduction

A priori, il semble aller de soi que les énergies renouvelables (EnR) contribuent au développement durable. Ce papier vise à préciser cette contribution, dans les pays en développement (PED).

En effet, chacune des filières EnR est applicable dans des zones délimitées par des paramètres physiques (disponibilité d'une ressource) et économique (disponibilité et prix de technologies concurrentes). De même, chaque filière EnR peut répondre à un ou plusieurs types de besoins énergétiques.

Certes, par leur nature même, les EnR contribuent, où qu'elles soient utilisées, au ralentissement de l'épuisement des ressources fossiles. Mais l'épuisement de ces dernières n'apparaît pas aujourd'hui comme la principale contrainte qui pèse à court ou moyen terme sur les filières énergétiques fossiles¹.

Certes aussi, le bilan d'émissions de gaz à effet de serre des EnR est généralement nettement meilleur que celui des filières fossiles. Mais du point de vue de la plupart des pays du Sud, l'effet de serre ne constitue pas un critère déterminant de développement durable. En effet, à l'exception notable des petits États insulaires qui risquent de disparaître avec la montée des eaux, le discours dominant du G77² se résume à « Quand nous aurons atteint le stade de développement des pays du Nord, nous commencerons à penser à l'effet de serre » (voir encadré ci-après).

Ainsi, il s'avère que l'accord historique de la conférence de Rio qui a consacré la notion de « développement durable » recouvre des

l'enjeu de l'accès à l'énergie

points de vue largement divergents sur le contenu du terme. Pour les pays du Nord, l'épuisement des ressources fossiles et la lutte contre le changement climatique constituent les justifications majeures du recours aux ENR. Par contre, du point de vue des pays du Sud, ce ne sont pas les facteurs limitants, et donc des priorités, tout au moins à court terme, de leur développement.

Par conséquent, si l'on veut mieux cerner l'apport des EnR au développement durable des pays du Sud, il faut s'appuyer sur d'autres critères, correspondant aux priorités de ces pays. Les paragraphes suivants proposent quelques candidats pour une grille de critères de contribution au développement durable, vue des pays du Sud. Nous avons examiné quatre critères qui nous apparaissent comme les principaux pour les PED : l'accès à l'énergie, la sécurité et la fiabilité de l'approvisionnement, l'impact économique, les impacts environnementaux au niveau local et national. Cette grille d'évaluation est appliquée aux différentes filières d'EnR.

L'accès à l'énergie

Une proportion importante de la population des PED ne bénéficie pas aujourd'hui d'un accès à des services énergétiques modernes. Etant donné le rôle fondamental de services tels que les télécommunications, l'eau potable, l'eau pour l'irrigation, la force motrice ou la réfrigération, il est évident que l'élargissement de l'accès à ces services doit figurer parmi les priorités du développement durable.

Afin d'évaluer l'apport à l'accès à l'énergie, il faut distinguer entre filières adaptées principalement aux zones rurales et filières adaptées aux zones urbaines. (Notez que la distinction n'est pas nette, voir encadré).

Les EnR desservant les citoyens reliés aux réseaux (centrales électriques, chauffe-eau solaires) se substituent en général à des technologies fossiles : elles apportent au citoyen un service identique ou équivalent. C'est aussi le cas pour les bio-carburants qui se substituent aux carburants fossiles pour le même usage. Elles ne contribuent donc pas à étendre réellement l'accès à l'énergie de populations qui en seraient totalement privées³.

Par contre, les EnR utilisées pour l'électrification rurale décentralisée peuvent contribuer à développer l'accès aux services énergétiques pour des populations rurales qui en sont actuellement, et peut être encore pour longtemps, totalement privées. Toutefois, leur apport n'est effectif que

si elles sont employées à bon escient : dans des conditions économiques et technologiques optimales, qui assurent la viabilité du dispositif à long terme, et qui n'imposent pas une charge financière excessive aux utilisateurs ou à la collectivité. Il faut bien reconnaître que bon nombre de projets EnR du passé n'ont pas toujours satisfait ces critères :

- Les compétences techniques nécessaires au fonctionnement, et en particulier à la maintenance, n'étaient pas assurées.
- Le schéma économique et institutionnel ne garantissait pas l'exploitation, l'entretien, et encore moins le remplacement du dispositif en fin de vie.
- Les projets étaient basés sur une utilisation exorbitante ou irrationnelle de ressources nationales ou de l'aide publique au développement. De ce fait, les projets EnR excluaient en fait d'autres projets, énergétiques ou non, qui auraient eu plus d'impact sur le développement.

Quelques décennies de projets pilotes ou de démonstration ont démontré la faisabilité technique des EnR en zone rurale. Des expériences plus limitées ont démontré l'existence d'un modèle économique permettant de concrétiser le potentiel économique, éventuellement avec un niveau « raisonnable » d'aide publique. Nous sommes toutefois loin d'une certitude sur la capacité des EnR à remplir leur potentiel technico-économique

Grand/petit, centralisé/décentralisé, urbain/rural

En principe, les grandes unités de production d'énergie sont reliées aux réseaux de distribution (électricité, mais aussi de carburants et de combustibles solides) et desservent en priorité les populations urbaines ou péri-urbaines. Par contre les petites unités sont mieux adaptées à un fonctionnement décentralisé, en vue de desservir les populations rurales ou de villes moyennes non reliées aux réseaux nationaux.

Cette distinction n'est pas nette ni éternelle, et dépend autant de facteurs économiques ou sociologiques que de la nature des technologies.

Les chauffe-eau solaires sont le plus souvent utilisés par des populations urbaines, non pour des raisons technologiques, mais parce que l'utilisation d'eau chaude sanitaire fait partie du mode de consommation des populations urbaines aisées. Toutefois, il est projeté d'installer des capteurs solaires dans des hammams ruraux au Maroc, en substitution à des chaudières alimentées au bois.

Les piles photovoltaïques, du fait du coût de l'électricité produite, ne sont pas adaptées aux zones desservies par les réseaux. Elles sont plutôt utilisées dans des installations individuelles ou villageoises en zones isolées. Mais, comme le montre les programmes de « toits solaires » en Allemagne, Autriche ou Californie, cette technologie peut être mise en œuvre en zone urbaine, à condition de créer les conditions économiques nécessaires.

théorique, en se basant sur les modèles institutionnels actuels (voir plus loin le texte sur l'Afrique de Sud).

Au-delà des incertitudes sur la capacité réelle des EnR à fournir des services énergétiques de manière durable dans des zones rurales, se pose la question de la contribution réelle des systèmes à basse puissance au développement économique. Les petits systèmes photovoltaïques ou éoliens peuvent-ils entraîner un développement économique, étant donné leur capacité limitée à fournir la force motrice nécessaire pour la plupart des activités économiques ? La réponse à cette question est loin d'être évidente aujourd'hui. Il existe cependant des réponses positives partielles, de trois natures :

- Permettre l'accès à l'éclairage, les télécommunications et la réfrigération est en soi un facteur de développement, permettant de briser l'isolement de communautés isolées, d'augmenter le niveau d'éducation et de fournir des services de santé de base.
- Les systèmes à basse puissance peuvent amorcer la dynamique d'un marché solvable pour des systèmes plus puissants (reliés au réseau ou décentralisés).
- Les systèmes à basse puissance contribuent à créer une infrastructure (humaine, institutionnelle) qui servira pour les futurs systèmes énergétiques.

Toutefois, l'expérience de terrain est encore loin d'être probante en ce qui concerne la contribution de ces énergies au développement économique.

La sécurité et la fiabilité de l'approvisionnement en énergie

Étant donnée l'instabilité (en termes de prix et de disponibilité) des combustibles fossiles, et l'importance de l'énergie dans une économie moderne, la diversification des sources d'énergie et la diminution de la dépendance nationale vis-à-vis de ressources en pétrole et gaz importées est un objectif majeur pour tout pays. C'est vrai pour les pays du Nord, mais encore plus vrai pour les PED. Parce qu'ils sont moins puissants économiquement et militairement, ces pays souffrent davantage de pénuries pendant les périodes de crise sur les marchés énergétiques.

Les centrales électriques ou thermiques reliées aux réseaux (éoliennes, hydro-électriques, biomasse), les biocarburants, les chauffe-eau solaires, le bois énergie et les installations géothermiques sont les principales renouvelables permettant de diminuer significativement la dépendance vis-à-vis des importations de combustibles fossiles.

Par contre, l'électrification rurale décentralisée par des dispositifs photovoltaïques ou

L'électricité entraîne le développement ?

Une étude de 1998⁴ avait pour objet de qualifier l'impact socio-économique d'un programme de l'électrification rurale en Namibie. L'étude porte sur 371 foyers, repartis en trois catégories : n'ayant pas accès à l'électricité, ayant obtenu l'accès au réseau, ayant acheté des kits solaires (en majorité de 50 Wc).

Parmi ses conclusions, l'étude démontre que l'électrification n'a pas entraîné la création de nouvelles activités économiques dans les foyers de l'échantillon. Les activités nécessitant l'électricité (soudure, vente au détail de produits nécessitant une réfrigération, ...) existaient avant la mise en œuvre du programme de l'électrification. Par contre, l'accès plus facile à l'électricité n'a pas été un facteur permettant de déclencher de nouvelles activités. Les auteurs concluent que d'autres conditions (un marché solvable, des connaissances techniques, ...) doivent exister pour créer une activité, et que l'accès facile à l'électricité est au mieux un facteur de facilitation. D'ailleurs, le constat ne diffère pas entre foyers "solaires" et "reliés".

Cette conclusion ne devrait pas nous étonner, étant donné la disponibilité partout dans le monde de petits groupes électrogènes. En effet, le prix de revient de l'électricité (y compris achat du groupe) ne constitue pas un élément très important dans l'équilibre économique de nombreuses activités artisanales, même dans des milieux ruraux pauvres.

Par contre, même si l'électricité n'apporte pas de revenus additionnels, l'ensemble des foyers étudiés constate une amélioration de leur qualité de vie, du fait de l'accès à un éclairage de qualité et à la télévision.

petites éoliennes n'a que peu d'impact sur la balance énergétique nationale pour deux raisons. Premièrement, ces dispositifs sont de très faible puissance, même cumulée sur de nombreux villages. Mais aussi parce que, avec les politiques d'aide actuelle, ces dispositifs apportent souvent des services de "confort" (telle la télévision) à des foyers qui autrement n'auraient pas eu accès à ces services et n'auraient donc pas consommé d'énergie fossile importée.

L'impact économique

Nous proposons de mesurer l'impact économique d'une filière énergétique selon deux critères :

- la balance de paiements ;
 - la création d'activités économiques nationales.
- Ces deux critères sont liés : en effet, une technologie qui emploie des produits et services nationaux à un impact positif à la fois sur la balance de paiements et sur la création d'activités. Pour réaliser l'évaluation économique d'une filière énergétique, il faut donc calculer, en tenant compte de l'ensemble du cycle de vie de cette filière, la proportion de valeur ajoutée nationale dans l'investissement initial et dans les coûts d'exploitation.

Le résultat de ce calcul dépend évidemment de la capacité industrielle et technologique de chaque pays⁵. Deux filières renouvelables, la biomasse et l'hydraulique, comportent toujours une part significative de valeur ajoutée nationale : la biomasse parce que la ressource primaire est locale même si sa transformation peut faire appel à des technologies importées, l'hydraulique parce qu'une part importante du génie civil repose sur la mobilisation de capacités locales.

Par contre, pour toutes les autres technologies, il faut examiner avec précision la part réelle de valeur ajoutée nationale. Dans la majorité des pays les moins avancés, les technologies énergétiques, EnR ou traditionnelles, sont importées dans leur totalité. Par contre, des pays comme l'Inde, la Chine ou le Brésil maîtrisent des éléments de technologies traditionnelles (turbines à vapeur, chaudières, ...) ou EnR. Le bilan économique d'une filière EnR peut donc être posi-

tif ou négatif selon sa nature et le pays d'accueil. Des efforts de transfert de technologie peuvent améliorer le bilan économique des EnR. Ceci peut aller du transfert d'éléments simples (par exemple l'entreprise SOFTEN, "joint venture" de Giordano Industries qui fabrique des chauffe-eau solaires en Tunisie) à des transferts ou acquisitions de technologies ambitieuses, à la portée de peu de pays en développement. Ainsi, la Chine produit et exporte des micro-turbines hydrauliques : l'Inde possède des filières largement nationales pour l'énergie éolienne et photovoltaïque.

L'impact environnemental local et national

Les enjeux environnementaux principaux, au niveau local et national, des filières énergétiques fossiles et traditionnelles dans les PED peuvent se décomposer en deux catégories :

Impact sur les forêts et sur la production agricole. La surexploitation des ressources en bois de feu entraîne des processus difficilement réversibles de déforestation, de dégradation des sols et de désertification. En effet, l'utilisation non viable du bois diminue les surfaces boisées, mais engendre aussi des conséquences en chaîne sur les terres agricoles. La disparition des forêts protégeant les bassins versants rend plus variables, et donc moins utilisables, les eaux de surface, et diminue l'infiltration de l'eau alimentant les aquifères. De même, la diminution de la couverture végétale augmente l'érosion hydraulique et éolienne, et peut engager un processus de "latérisation" des sols, les rendant non productifs.

Pollution de l'air à l'intérieur des habitations et en zone urbaine, impact sur la santé. L'utilisation du charbon (par exemple en Inde et Chine) ou du bois/charbon de bois (Afrique sub-saharienne) pour la cuisson et le chauffage induit de fortes pollutions de l'air dans les zones urbaines et à l'intérieur des habitations, même en zone rurale. Elle a en particulier un impact négatif sur la santé des femmes et enfants, exposés à la fumée des foyers de cuisson/chauffage⁶. Par ailleurs, les émissions de véhicules, souvent âgés et mal entretenus, ajoutent à la

pollution urbaine (problème aigu dans la ville de Mexico).

Les technologies qui permettent d'améliorer l'utilisation traditionnelle de bois, charbon de bois ou charbon pour la cuisson et le chauffage de maisons individuelles, ont toutes un impact favorable sur ces problèmes d'environnement local. Elles contribuent à diminuer à la fois les ponctions sur les ressources, et les émissions nocives. Par ailleurs, les biocarburants peuvent diminuer les émissions de véhicules, bien que le bilan soit à nuancer⁷.

Par contre, les autres filières d'EnR ne contribuent pas forcément à la protection de l'environnement local :

- Les grandes centrales EnR polluent certainement moins que les centrales fossiles. Toutefois, le bilan environnemental doit être nuancé, en fonction de la situation précise du secteur électrique d'un pays. Dans l'Inde ou la Chine, la réhabilitation et la modernisation de centrales au charbon, ainsi que l'amélioration du transport du courant, constituent des priorités, à la fois pour l'équilibre offre-demande, mais aussi pour la réduction des pollutions. Affecter des ressources financières rares aux EnR (avec en général un surcoût par rapport à d'autres filières) peut avoir comme conséquence de retarder ces investissements prioritaires.

- Les technologies à biomasse représentent un danger de surexploitation des terres et des forêts, ou d'exclusion de cultures vivrières. Le bilan (environnemental et économique) dépend de la disponibilité de terres non ou sous-utilisées, des technologies employées (cultures spécifiques ou exploitation de déchets) et des conditions économiques d'une éventuelle concurrence entre cultures énergétiques et vivrières.

- L'électrification rurale décentralisée par EnR n'a que peu d'impact sur l'environnement local. En effet, les EnR remplacent le plus souvent des petits groupes diesels, ou même des bougies et lampes à kérosène. Les émissions de ces dernières ne posent pas en général de problèmes de pollution locale.

Ainsi, l'amélioration des filières d'utilisation domestique de combustibles solides (bois, charbon de bois ou charbon) constitue une solution aux problèmes de l'environnement local. Par contre, les autres EnR, bien que leur bilan environnemental soit en général positif, n'apportent pas de contribution significative aux problèmes locaux prioritaires : déforestation et pollution de l'air urbain/domestique.

Conclusion

Notre analyse tend à démontrer que la relation : Énergies renouvelables = développement durable des pays du Sud

Le G77 cynique ? La France et l'Europe vertueuses ?

L'analyse de ce texte sur le développement durable peut apparaître cynique, comme si les pays du Sud ne se préoccupaient pas de l'environnement mondial. Mais une analyse similaire des politiques des pays du Nord ferait apparaître le même cynisme.

Par exemple, pour la France, l'indépendance énergétique (avec peut être la sauvegarde des intérêts de la filière électro-nucléaire) a constitué le seul critère de la politique énergétique pendant des décennies.

Au niveau européen, la politique énergétique consiste à :

- assurer la sécurité de l'approvisionnement ;
- encourager la compétitivité des entreprises européennes ;
- protéger l'environnement.

Or le bilan de l'Europe pour le dernier de ces objectifs montre qu'il est vraiment le dernier. En effet, l'Europe ne mobilise qu'une petite partie de son propre potentiel d'EnR. La directive européenne sur les EnR, qui affiche des ambitions somme toute peu ambitieuses, n'est pas assortie pour le moment de mesures de contrainte.

doit être nuancée. En effet, alors que chacune des filières EnR a un apport potentiel au développement, les EnR dans leur ensemble ne répondent pas automatiquement aux priorités d'un pays donné. L'apport d'une technologie particulière doit être évalué selon les besoins, les ressources et les contraintes de chaque situation spécifique. Le tableau 1 indique, pour les quatre critères que nous avons identifiés, l'apport potentiel des grandes filières d'EnR.

De manière générale :

- L'amélioration des filières d'utilisation tradi-

tionnelle du bois de feu a un impact positif à la fois sur le plan économique et sur le plan de l'environnement local.

- Les filières photovoltaïque et éolienne qui contribuent le plus facilement à étendre l'accès aux services énergétique modernes dans les pays secs, ne contribuent que peu aux autres dimensions du développement durable.
- Les filières modernes d'utilisation de la biomasse doivent être évaluées selon leur impact sur les forêts et les sols, et sur l'agriculture.

Tableau 1. Apport potentiel des filières EnR au développement durable (pays du Sud)

Technologie EnR	Accès aux services énergétique modernes	Sécurité de l'approvisionnement énergétique national	Impact économique	Maintien du potentiel forestier
Solaire thermique	-1	**	*	-2
Solaire photovoltaïque	**	-	-	-6
Solaire thermodynamique	*	*	-	
Grande hydraulique	* 3	*	**	
Petite hydraulique	**	* 4	5	
Grande éolienne	-	** 7	-	-
Petite éolienne	**	-7	-8	
Géothermie élec. ou therm.	-	**	*	-
Biomasse -> électricité	* 9	* 10	**	Variable 12
Biocarburants	-	**	11	
Amélioration ¹³ de l'utilisation traditionnelle de la biomasse	-	-	** 14	**
Efficacité énergétique ¹⁵	* 16	**	** 17	-18

Légende :

- peu d'impact
- * impact positif
- ** impact positif important

Notes :

- 1 Les citoyens concernés ont, le plus souvent, déjà accès aux énergies modernes.
- 2 Les citoyens concernés utilisent rarement le bois pour la production d'eau chaude sanitaire.
- 3 Dans un pays où l'approvisionnement en électricité constitue un facteur limitant à l'utilisation de l'électricité en zones urbaines.
- 4 Dans certains pays (Indonésie, ...) la consommation des diesels alimentant des mini-réseaux est importante.
- 5 Pour le génie civil, puis remplacement des importations énergétiques.
- 6 Ces EnR ne remplacent pas (ou très peu) l'utilisation du bois.

7 Difficulté de ressource intermittente.

8 Les volumes d'énergie, et donc l'impact sur les importations, sont limités.

9 Toutefois, il reste à résoudre des problèmes techniques de cette technologie pas encore mûre.

10 L'approvisionnement fiable et viable de grandes unités peut être problématique.

11 L'impact économique positif découle des activités en amont, pour la production de la biomasse.

12 L'impact environnemental dépend de la viabilité de la filière de production de la biomasse. Selon les modes d'exploitation, le potentiel forestier peut se dégrader, se maintenir ou augmenter.

13 Par "Amélioration de l'utilisation traditionnelle de la biomasse" nous comprenons des actions portant sur toute la chaîne : gestion forestière, collecte et transport de la biomasse,

transformation/conditionnement, foyers efficaces, etc.

14 Assure la viabilité à terme du mode de vie rural.

15 Dans cette catégorie, nous entendons l'efficacité énergétique dans les énergies modernes (électricité, combustibles fossiles, ...). L'efficacité dans l'utilisation traditionnelle du bois est comprise dans la catégorie précédente. Nous incluons l'efficacité pour mémoire, et pour rappeler que la meilleure énergie est celle qu'on n'utilise pas.

16 L'efficacité énergétique peut contribuer à réduire le coût de services modernes, et donc les rendre davantage accessibles.

17 Pour réaliser les économies d'énergie, puis remplacement des importations énergétiques.

18 Concerne principalement des utilisations d'énergie modernes, peu consommatrices de bois.

Faut-il privilegier les EnR

Bernard Devin,
Consultant, expert ONU/CENRD

dans la coopération Nord-Sud ?

Le contexte

Les discours tenus par les représentants des pays industrialisés dans les enceintes multilatérales sur les énergies renouvelables sont ambigus, particulièrement lorsqu'ils accompagnent des initiatives tapageuses où les effets d'annonce sont autrement plus importants pour le groupe qui les fait que la manifestation de son intérêt pour les pays ou populations du Sud qui en seraient les « bénéficiaires ». La vertu « palliative » à la pauvreté qui adorerait les énergies renouvelables n'est pas davantage prouvée que leur statut de « panacée » contre le réchauffement de la planète. Même si leur nature même de pérennité est un argument très fort que l'esprit adopte sans réserve pour sécuriser un « long terme » que nous imaginons confusément, les chemins à parcourir, les voies à défricher, puis à suivre vers ce futur impliquent une exigence de rationalité technique, économique et sociale à laquelle il serait urgent de revenir.

Les articles de ce numéro de Global Chance en font fort heureusement le tour. Mettons en exergue quelques points saillants apparaissant au cours de leur lecture :

- S'agissant des EnR dont on parle¹, leur champ préférentiel d'application est résumé par le tableau 1 de cette référence. On y attire l'attention sur des impossibilités pratiques d'accéder à l'ensemble de tous les usages finaux à partir des EnR, sauf au prix de rendements décroissants et de coûts croissants, probablement de manière dissuasive. Exit la croyance à une « panacée », invitation à une sélectivité opérationnelle au moins marchande, une base de référence que chacun peut comprendre. Les négociations y sont possibles, au contraire d'une idéologie « absolument pro-renouvelable » dont les déterminants ne seraient pas communs au Nord et au Sud.

- Quant à leur innocuité environnementale, elle est constamment mise en avant, en termes d'émissions de CO₂, certains faisant une impasse volontaire sur l'une des grandes ressources d'énergie renouvelable, la « grande hydraulique » dès lors que l'on affine le concept d'acceptabilité environnementale en y faisant intervenir les facteurs humains. D'autres facteurs limitants, au Nord, ont été bien soulignés dans l'examen des contraintes sociologiques².

- Plus spécialement, tous les usages de la biomasse, « la » ressource majeure, sont loin d'être « sans émission », car l'on doit tenir compte de produits volatils tels méthane, oxyde de carbone et autres gaz plus ou moins persistants³, strictement dépendant des technologies d'utilisation (et de mobilisation) de cette biomasse. Comme le souligne la référence, on doit examiner attentivement le cas où la « butanisation » des foyers pourrait réduire, de fait, les émissions nettes liées aux usages domestiques de préparation des repas !

Quittons la technique pour jeter un œil sur les enjeux en termes planétaires. L'évaluation faite en 1992⁴, révisée ici⁵ pour donner un aperçu actualisé des potentiels réellement mobilisables, confirme s'il en était besoin qu'il s'agit bien d'une ressource majeure pour la planète, bien répartie au Nord comme au Sud, et introduit des repères quantitatifs sur la quantité d'énergie primaire renouvelable qui pourrait être substituée aux énergies fossiles dans l'un et l'autre hémisphère.

- Cette quantité est directement fonction des niveaux de consommation actuelle, ou projetée, dans les pays auxquels on s'intéresse. Qui dit 'consommation', introduit immédiatement la référence à un niveau d'activité économique, et donc au niveau de développement. Un premier lien complexe de causalité entre développement et EnR.

- L'aide des pays du Nord au développement des Pays du Sud n'a-t-elle pas été toujours en permanente recomposition / reformulation, pour accommoder une part vivace de tentation dominante pour notre enrichissement en toute sécurité ? De bien faibles contre-pouvoirs (éducatifs, religieux ou laïcs) sont venus tempérer cette dérive en induisant l'émergence d'une force de réaction identitaire qui est devenue au fil du temps la source d'un dialogue policé (ONU) ou violent (WTC) dont Edgar Morin⁶ propose l'issue par le haut : « la voie de la sagesse comporte la prise de conscience capitale de l'inter solidarité humaine et de la communauté de destin planétaire ». La convention climat n'a pas réussi à signifier cette solidarité en 'embarquant' dès le départ les pays en développement dans l'aventure de la lutte contre l'effet de serre — comme ils le souhaitaient d'ailleurs : Inde, Brésil — sans doute parce qu'il aurait fallu reconnaître l'existence de « droits d'émission » à chaque être humain, et reconnaître la nécessaire remise en cause la situation acquise du Nord. Faute d'un tel consensus primordial, le dialogue Nord Sud en rapport avec les énergies renouvelables est inévitablement flou, pour ne pas vouloir admettre qu'il pourrait être biaisé. Les scénarios prospectifs du rôle de l'énergie dans le développement en fournissent une belle illustration.

- Ils proposent plusieurs visions⁷ d'où se dégage le schéma de potentiels mobilisables des EnR, sensiblement équivalents au Nord et au Sud en 2020, dans l'ordre de grandeur des 1000 Mtep. La prospective à 2050 apparaît par contre peu réaliste avec une quasi stagnation au Nord et un formidable accroissement de 4000 Mtep au Sud. Apparaissent ici les limites de scénarios projectifs qu'il importerait de reconstruire à partir de la base nationale des politiques de développement économiques, dans une démarche concertée et plausible. N'est-ce pas là ce que l'on serait tenté d'appeler (de ses vœux) un nouvel ordre économique mondial ?

- Plus frappant encore dans ces scénarios est le parallèle que l'on peut faire sur les potentiels d'efficacité énergétique qui jaillit de la comparaison des scénarios 'intensifs' [CME A+] et des scénarios efficaces ou sobres [CME. C+ et NOE] : en postulant que le niveau de satisfaction des

usages réclamant un apport énergétique soit conservé à chaque époque — même niveau de vie — le potentiel latent des économies d'énergie est de 2000 Mtep au Nord en 2020 et 1300 Mtep au Sud. Il monte à 5000 Mtep au Nord et 4500 Mtep au Sud en 2050. L'enjeu s'ajoute à celui des énergies renouvelables, mais le domine manifestement.

- Enfin, une remarque que l'on peut faire sur le double aspect *qualitatif* et *quantitatif* des EnR, - voir encadré - débouche immédiatement sur une dualité de la relation des EnR avec le développement durable que nous allons examiner sous un angle plus institutionnel dans la suite de ce papier.

Coopération aux « énergies pour le développement durable » avec les PED

Dans la mesure où l'aide publique au développement ne serait pas réductible à l'appui à l'intégration des PED dans le marché mondial, ou, de façon plus cynique, à un soutien public aux entreprises françaises (ou européennes) à l'exportation il devient possible de faire référence à une dimension éthique, partagée entre le bailleur et le bénéficiaire pour concevoir un rapport qui ne doive rien au paternalisme ou à l'arrogance, l'un et l'autre totalement insupportables, comme les événements récents nous le donneraient à penser.

Selon l'éthique démocratique, que nous revenons, la mobilisation de fonds publics pour une formule *coopération au développement énergétique pour le développement durable*, impose la convergence

- d'une égale volonté politique d'agir pour de développement durable, ainsi que de coopérer à cet effet, assumée par les représentants des pays,
- d'un réel consensus des opérateurs - privés et publics - pour assumer leur part d'un partenariat public/privé dans l'aide au développement,
- de l'acceptation citoyenne de ces modes d'utilisation des ressources naturelles.

Ces trois composantes interagissent fortement sans qu'aucune ne puisse être seule responsable de la démarche. C'est sur cette convergence nécessaire que l'Union Européenne a, factuellement, bâti

sa démarche et son discours à la CDD-9 – Énergie pour le Développement Durable.

En laissant sous entendre que l'aval de cette trilogie avait un rapport avec l'aide publique au développement que le Nord pourrait mettre sur la table, on ne sera pas étonné que, l'un ou l'autre des trois piliers ait fait l'objet d'après discussions. selon les interlocuteurs, lors de la CDD-9 – le troisième pilier en particulier, autour du porte-parole des 77 (Iran, supporté par le Nigeria).

C'est en gardant en tête cette triple articulation qu'on peut mieux interpréter les opinions ou prises de position rapportées ci-après.

Vu des pays industrialisés

L'intérêt soudain des grands groupes (dont l'initiative du G8) pour le marché des énergies renouvelables dans les PED coïncide avec la libéralisation du marché de l'énergie dans les pays industrialisés et avec le changement de stratégie des industriels sur leurs marchés traditionnels. Il a au moins deux motifs :

- **d'ordre économique** : dans les pays industrialisés, les opérateurs de « services énergétiques » s'adaptent à la « dé monopolisation ». La désintégration verticale favorise la production décentralisée d'électricité sur le modèle que nous avons connu en France avant la seconde guerre mondiale. Elle favorise l'émergence de producteurs indépendants dans des technologies de production faiblement intensives en capital et avec des taux de retour sur investissements élevés. Le coût des énergies renouvelables suffirait d'ailleurs à les exclure de ces marchés, sauf si les usagers ou les pouvoirs publics acceptent d'en supporter le prix.

Pour les industriels, la compétitivité des technologies EnR sur les marchés du Nord serait atteinte s'ils pouvaient mettre à profit les effets d'échelle liés à l'ouverture des marchés dans les PED, même si ce marché reste pour le moment celui en partie artificiel de l'aide publique au développement. Sous cet angle, on comprend mieux la pression des grandes compagnies sur le G8 pour qu'il appuie financièrement ce « marché ».

- **d'ordre politique** : les gouvernements du Nord révisent leurs politiques énergétiques pour tenir leurs engagements de limitation des émissions

de gaz à effet de serre, et , au travers des mécanismes régulateurs en place, font transiter des obligations vers les producteurs et consommateurs d'énergie, faute d'exploiter à court terme les gisements d'efficacité énergétique. Les opérateurs bénéficient d'aides publiques aux investissements et de la garantie de rachat du kWh électrique à des tarifs préférentiels par les distributeurs. À terme, la relance de la filière électronucléaire n'est pas exclue. Elle passe par une relance de la R&D, probablement internationalisée, sur une nouvelle génération de centrales et sur le traitement des déchets ultimes de la filière. L'administration fédérale US y ajoute un volet de R&D sur le charbon propre (avec séquestration du CO₂), avec la Russie et, indirectement, la Chine, justifié par le potentiel du marché du charbon pour la production d'électricité sur le long terme.

La préoccupation première des politiques demeure la sécurité d'approvisionnement et le prix des énergies finales, qui conditionnent la compétitivité de nos économies. Le terme de « développement » est effectivement associé à ces politiques si l'on entend sous ce terme le développement des nouvelles filières industrielles valides, donc exportables.

Vu des pays en développement

Souvenons nous d'avoir évoqué plus haut que les aspects quantitatifs et qualitatifs des énergies renouvelables induisaient une dualité de la relation des EnR avec le développement. L'article préparé par l'ENDA refuse, à juste titre, la simplification des solutions « monistes »⁸ vis-à-vis de la diversité des composantes qui caractérisent les conditions de « pauvreté » et invite justement à approfondir le dialogue de coopération.

Souvenons nous également qu'une grande partie des discussions entre l'Europe et le G77, lors de la CDD 9 a porté sur le vocabulaire, non sans arrière-pensées : si l'Europe souhaitait associer les termes de « développement durable » et de « énergies durables », le Sud, lui, tenait impérativement à se cantonner à « énergie pour le développement », montrant bien ainsi ses choix de priorités - et sa propension à vouloir aussi reproduire les erreurs passées du Nord.

- Dans l'espace *qualitatif* des EnR où le G8 semblait se positionner a priori, (cf. la « Task Force

EnR » où l'influence de Shell a été déterminante et où l'intervention soutenue de l'ADEME a permis de faire accepter plus de réalisme dans le débat) ; le développement des filières renouvelables est évidemment concerné, mais ce n'est pas ce type de développement que les pays du tiers monde ont en vue, surtout dans la mesure où la technologie et les investissements productifs de sa mise en œuvre resteraient cantonnés au Nord et n'entraînent pas d'accumulation de capital fixe au Sud.

La multiplicité des initiatives, démonstrations et micro-réalisations caritatives implantées au Sud par le Nord depuis deux décennies ont tiré leur justification de leur existence même, et non pas du fait qu'elles faisaient appel aux énergies renouvelables. Celles qui n'avaient pas d'utilité socio-économique ont simplement disparu.

L'étude conduite en Namibie sur les zones nouvellement électrifiées - par le réseau ou les renouvelables - ne fait pas apparaître de lien direct de causalité entre la disponibilité de l'électricité et l'émergence d'activités génératrices de revenus. Comme le souligne l'auteur, cité dans l'article⁹, « le développement d'activités économiques est un problème beaucoup plus complexe »

L'accès à l'énergie est un facteur facilitant l'émergence d'un développement socio-économique, mais on doit se poser la question de la valeur « déclenchante » réelle de projets qui ne comporteraient que le volet énergétique, sans le développement associé des usages productifs qu'il rend possible : télécommunications, conservation des denrées et vaccins, extension du système éducatif et de santé, création d'une infrastructure humaine de services, etc. Tous ces éléments sont détaillés dans la référence 7, déjà citée, mais aussi dans la référence 8.

- Dans l'espace *quantitatif* des EnR, la référence 7 propose plusieurs aspects sous lesquels les EnR contribuent à la sécurisation des approvisionnements énergétiques nationaux (réduction de la dépendance vis-à-vis des énergies fossiles importées, vis-à-vis des crises internationales,...). L'auteur rappelle également les impacts économiques sur la balance des paiements ainsi que la création d'activités économiques nationales, notamment dans les filières biomasse et biocarburants ainsi que pour les systèmes hydroélectriques.

La considération de la valeur ajoutée nationale dans les autres filières (photovoltaïque, solaire thermique, éolien) est beaucoup moins évidente, mais pourrait avoir un sens au niveau des sous-régions, au même titre que les interconnexions énergétiques à grande échelle, électrique ou gazière.

Promouvoir les EnR comme sésame du développement des PED est pour le moins un raccourci hasardeux, il est normal que l'aide publique au développement s'interroge plus avant sur le soutien à apporter à un tel discours.

La privatisation du secteur énergétique, et l'utilisation des énergies renouvelables

« L'investissement énergétique dans les PED doit être laissé au secteur privé ».

Nous avons entendu et lu chaque jour cette « scie » de l'école néo libérale, relayée avec toute la puissance de la Banque Mondiale et du FMI, une vue très peu précise de ce qu'a enseigné l'histoire des pays industrialisés au 19^e siècle. Certes les villes se sont électrifiées rapidement avec des entrepreneurs débordant d'enthousiasme, dans une société prospère et déjà équipée sous tous autres rapports... Quant aux campagnes, il a fallu attendre la nationalisation du secteur électrique à la fin de la seconde guerre mondiale pour qu'un mécanisme automatique de transfert de ressources entre ville et campagnes s'établisse au travers de l'investisseur unique, selon la volonté politique du législateur.

Il convient donc également de situer la question des EnR dans les PED dans le contexte de la réforme des systèmes énergétiques. Les privatisations, intervenues suite aux politiques d'ajustement structurel, ont seulement ouvert le marché existant des usagers raccordés aux grands groupes concessionnaires et, à la marge, aux producteurs indépendants (du moins en Amérique Latine et en Asie du S-E) pour « capter » les clientèles solvables. Hormis le cas de la ferme éolienne de Tanger, où l'investisseur a été fortement aidé par le pays exportateur, on n'observe pas de démarche significative en faveur des énergies renouvelables, dans leur domaine *quantitatif*.

S'agissant du domaine *qualitatif* (telle l'électrification rurale décentralisée), force est de constater que les privatisations ont en même temps enlevé aux pouvoirs publics la capacité d'utiliser les mécanismes de péréquation antérieurs pour alimenter les investissements en zones rurales à partir de prélèvements sur les consommations du secteur raccordé solvable.

La création des Agences d'électrification rurale, à l'initiative de la Banque Mondiale, n'a rien résolu. Cette dernière a alors multiplié les projets de fourniture d'équipements photovoltaïques. Ils ont été instrumentalisés par les élites politiques locales pour leur clientèle électorale. Cette promotion du photovoltaïque « pour les pauvres » a trouvé un écho au sein du G8 que les partenaires de l'Union Européenne ont pu faire évoluer vers une approche plus fine où des objectifs de développement économique ont été un peu mieux pris en compte.

Le meilleur exemple (que nous voulons considérer comme encourageant) est celui de l'Afrique du Sud où les pouvoirs publics ont décidé un vaste programme d'électrification pour tous, utilisant à la fois l'extension du réseau et les systèmes décentralisés, dont le photovoltaïque. Dans un contexte institutionnel « idéal », tout au moins vu des institutions internationales (secteur énergétique privatisé, volonté politique, apport financier complémentaire des pouvoirs publics), les appels d'offre ont été lancés pour trouver des investisseurs internationaux intéressés au secteur décentralisé. Six grands groupements ont finalement été retenus, ayant une volonté affichée d'en faire une réalisation exemplaire. Las ! plus de deux années ont passé sans que le début des réalisations soit en vue, pour de sérieuses raisons organisationnelles : quel serait finalement le montant de la subvention publique ? Comment serait-elle attribuée et à qui (usagers, autorités locales, compagnies privées intervenantes) ? Et surtout quelles garanties seraient données aux investisseurs que la distribution électrique dans ces zones resterait de leur monopole, sans arrivée concurrentielle du réseau, et pendant combien d'années ?

Il nous a semblé indispensable de traduire en français et de faire figurer dans ce numéro des Cahiers de Global Chance la très substantielle

analyse¹⁰ publiée dans le Journal *Energy for Sustainable Development* par Njeri Wamukonya, travaillant actuellement au Centre du PNUE pour la Collaboration sur l'Énergie et l'Environnement à Risø (Danemark). La suite de l'histoire des 12 derniers mois indique que le gouvernement Sud Africain reprendrait une démarche de projets pilotes avant de lancer véritablement son programme national. Sous réserve de plus ample informé quant aux dispositions finales, il n'en reste pas moins que cet exemple est réellement éclairant, en ce sens qu'il apporte la démonstration par l'absurde :

- Que les pouvoirs publics ne peuvent en aucune manière s'exonérer de leur rôle arbitral et régulateur dans le développement d'infrastructures essentielles,
- Que les investisseurs existent réellement, mais qu'ils ne peuvent devenir actifs sans une organisation des règles du jeu par l'État, sans garanties sur l'évolution du système énergétique à moyen terme et sans un cofinancement dans les aires non « porteuse » du développement économique.

Les politiques énergétiques peuvent elle décider des « renouvelables » ?

Tout au long de ce papier est présente la finalité première du développement durable : économique, social, environnemental. C'est sous cet aspect uniquement que nous abordons le rôle des énergies renouvelables et la motivation que pourrait avoir l'aide publique au développement à apporter son concours à des projets sur ces types de ressources énergétiques.

Si la référence 7 a bien identifié les contributions au développement que les apports énergétiques peuvent faciliter et si, de même, l'on a pu visualiser les principaux avantages structurels de systèmes énergétiques moins dépendants du monde extérieur grâce au recours à des ressources énergétiques locales, c'est une toute autre affaire de traduire ces avantages potentiels en éléments de politique applicable qui puissent faire l'objet d'un concours de l'aide publique au développement.

Autrement dit la justification d'une aide au secteur énergétique par les perspectives induites du développement durable demande un assez long

cheminement qui pourrait, sur la base d'une volonté politique locale, se guider sur quelques principes que l'on peut tenter d'établir ici :

- Tout système énergétique national a un profond impact structurant sur l'aménagement du territoire et les possibilités induites de développement industriel. Il s'en déduit directement que la nature (gaz, électricité, eau...) des grands réseaux nationaux va orienter et rendre possible, ou non, certaines *options de développement macro économique*. Peut-on admettre comme plausible que cette responsabilité de choix stratégiques ne relève pas des autorités légitimes du pays et soit laissée en exclusivité « aux forces du marché » ?
- La description, même sommaire mais vraisemblable, de ces grands réseaux à différentes étapes significatives d'un *calendrier de développement économique et social* (par exemple : 2020, 2050, 2100, y compris les hypothèses transfrontalières) devrait permettre de cerner les apports *quantitatifs* ouverts aux énergies renouvelables sur ces réseaux, en fonction des ressources locales, y compris la biomasse industrielle, le cas échéant.
- A contrario, la localisation des réseaux définit ipso facto les régions « hors réseau », celles où les coûts de distribution rendront l'énergie de réseau non compétitive avec celle des sources décentralisées (micro réseaux locaux, sources individuelles dans les cas d'extrême dispersion des usagers). Dans ces régions, le recours aux énergies renouvelables pourra bénéficier d'un avantage *qualitatif* tout en gardant à l'esprit la nécessité d'une allocation particulière de ressources financières aux zones les moins développées du territoire national.
- Les déterminants territoriaux ainsi schématisés vont pouvoir servir de base à la définition (en volume et dans le temps) des besoins prioritaires que les pouvoirs publics pourront mettre en concours national et/ou international, à la définition des transferts de ressources que l'économie nationale pourra allouer à cet aménagement du territoire, et aux règles du jeu des acteurs que l'État souhaitera établir pour rassembler les ressources nécessaires et sécuriser les entrepreneurs à qui concession aura été accordée.

Ces principes ne font pas la promotion des énergies renouvelables. Il est difficile d'admettre d'ailleurs qu'une autorité publique d'un PED puisse aller jusqu'à se prononcer pour une technologie au détriment d'une autre, en dehors des cas bien précis où le jeu de l'internalisation des contraintes externes aura fait apparaître un *avantage économique national* majeur, puisque les PED ont été exonérés — fort justement pour les PMA — d'obligations de mitigation de leurs émissions de gaz à effet de serre. Les situations où le recours aux énergies renouvelables entraînera un avantage économique national, aussi bien dans le domaine *quantitatif* que dans le domaine *qualitatif* sont probablement plus fréquentes qu'on peut l'imaginer et il appartient aux économistes — nationaux — d'en établir l'évaluation chiffrée : avantages apportés par le soutien d'une activité précise, génératrice de valeur ajoutée locale ou nationale (emplois, revenus), accumulation de crédits d'émission négociables sur le marché mondial, poids majeur affecté à la sécurité de fourniture énergétique de zones d'accès difficile, etc.

Un nouveau mode d'emploi de l'aide publique au développement ?

Le discours mondial a changé au cours de ces dernières années, la Banque et le FMI ont enfin réalisé que bon nombre de leurs pratiques, appliquées telles quelles dans des économies fort différentes des économies occidentales, étaient en fait des impasses. Des événements récents ont aussi dessillé bien des regards sur l'illusion du « modèle économique » occidental, à tout le moins sur son acceptabilité universelle, compte tenu du nivellement qu'il entraîne des valeurs et des cultures. Les conflits, armés ou non armés, deviennent inévitables quand son dynamisme intrinsèque est perçu comme une violence, quand l'étonnement de ses acteurs est ressenti comme une arrogance et quand les cultures auxquelles il se trouve confronté n'ont pas eu le temps de préserver leurs valeurs propres, de la même manière que le paysan sait fort bien monter sur la berge, et la consolider, pour échapper au torrent qui va désormais emplir ses barrancos.

L'aide internationale doit désormais abonder les budgets propres des États, et sa configuration doit se calquer sur des « country strategy papers » ou des CSLP (cadres stratégiques de lutte contre la pauvreté). Cette disposition renforce très précisément la responsabilité de « gouvernance » des autorités légitimes et invite fortement l'État à sécuriser les investisseurs en disposant lui-même de ressources affectables au financement des surcoûts des infrastructures en milieu rural, mais :

- Les « cadres stratégiques de lutte contre la pauvreté » ne font pas mention des politiques énergétiques, quoiqu'il existe une tendance à les réintroduire par le biais des infrastructures (mais que signifie le mot « infrastructure » quand la décentralisation de la solution retenue va jusqu'au foyer individuel ?) Elles sont exclues des ressources financières de l'aide au développement. L'Union Européenne n'a pas une position différente. Ignorant le lien entre énergie et développement, elle refuse son appui aux « politiques énergétiques pour le développement » (cf. le document de référence sur l'aide au développement adopté conjointement par le Conseil et la Commission et les refus d'EuropAid de les prendre en compte).
- Les « politiques énergétiques » dans les PED sont pourtant d'intérêt général. Elles sont l'un des volets structurants majeurs des économies nationales, elles fixent les objectifs et les modalités de développement et de gestion des systèmes énergétiques locaux (intégrés, interconnectés ou décentralisés) par les opérateurs du marché, au regard des objectifs du développement local. L'exemple de l'Afrique du Sud donne une idée du détail opérationnel dans lequel doivent descendre ces formulations politiques pour être pratiquement applicables. En l'absence d'éligibilité des « politiques énergétiques » aux financements multilatéraux, le volet « électrification rurale », ne peut que rester « en panne » car il est déconnecté du substratum économique national (réf. Afrique du Sud, toujours). Les investisseurs ne peuvent avoir aucun attrait à son égard car il entre en concurrence avec les besoins de financement de l'augmentation de la demande d'énergie pour les services, les transports, l'industrie et le résidentiel (climatisation) des milieux urbains, des secteurs ô combien plus rentables !

Il semblerait donc bien que l'aide publique au développement, qu'elle soit bilatérale ou communautaire, ait à privilégier la formulation de politiques énergétiques nationales, et de leurs modalités de mise en œuvre, avec une vision à long terme intégrant les composantes d'un développement économique pour les ruraux et pour les urbains, dans le contexte de l'économie de marché, en y faisant la place requise à la constitution de ressources pérennes transférables entre les différentes communautés nationales.

Conclusion

Traiter de la relation entre les EnR et le développement dans les PED peut être l'occasion de mettre en évidence les limites d'orientations prises sous la pression du court terme tant par les opérateurs du marché que par les gouvernements, ainsi que les contradictions internes des solutions « libérales », qui influencent les choix de la Banque mondiale ou du G8.

C'est dans ce contexte, où les positions des uns et des autres expriment tout autant des conceptions culturelles que des stratégies de concurrence, qu'il nous semble que les acteurs institutionnels et industriels français ont capacité, précisément dans le secteur de l'énergie durablement marqué par l'influence des opérateurs historiques (EDF, GdF, groupes pétroliers), à faire valoir les vertus de la concertation - chacun étant respectueux du métier de l'autre - pour des avancées pragmatiques.

Les stratégies de prise de parts de marchés et les politiques de développement énergétique ne sont pas nécessairement antinomiques. Les politiques énergétiques, ne serait-ce que parce qu'elles concernent le secteur le plus capitalistique, sont au carrefour des projets locaux de développement et des politiques macro-économiques et financières des États. À l'amont des marchés, elles sont au centre des stratégies de croissance externe des opérateurs du marché mondial. Elles ont enfin le champ premier d'application des « politiques et mesures » de lutte contre le changement climatique.

Quant au lien direct entre EnR et développement,

le programme Énergie du « Stockholm Environmental Institute » rappelle opportunément que « there has been an almost romantic attitude to how developing countries could utilise renewable energies » (in « Renewable Energy for Development » SEI, Sept. 99).

À l'opposé de ce romantisme, il y a place pour une initiative française d'appui aux politiques énergétiques dans les PED, afin qu'elles gagnent en efficacité et qu'elles contribuent à fournir un accès à l'énergie au plus grand nombre.

EnR : quantitatif et qualitatif

Il y a souvent encore une confusion – accidentelle j'espère – dans le discours sur les EnR qu'il importerait de lever. Depuis la Conférence de Nairobi en 1981, on attribue volontiers aux EnR des bénéfices quantitatifs sur l'effet de serre, qui ne sont pas justifiés en volume quand on veut se placer sur les usages dispersés en zones rurales ou isolées des grands réseaux énergétiques.

Quantitatif

La protection de l'environnement par l'usage des EnR implique qu'on s'attelle à produire ou à substituer des dizaines de mégatonnes équivalent pétrole (Mtep) pour avoir un effet quelconque sur le CO₂ atmosphérique. On a vu que de telles substitutions sont du domaine du possible en raison de l'abondance du gisement exploitable, autant au Nord qu'au Sud.

- Substitution immédiate au Nord dans un marché énergétique très vaste, national ou interconnecté, favorisée par la « valorisation » accordée à la tonne de carbone évitée, au travers des mécanismes financiers qui vont entrer en vigueur après la ratification des accords internationaux.

- Introduction progressive au Sud, au cours de la construction des grands systèmes énergétiques - un mix énergétique durable - qui doivent nécessairement apparaître à l'échelon régional, puis national, pour permettre et accompagner les processus de développement économique où le Sud a vocation à rejoindre le Nord au cours de ce siècle. Introduction improbable si elle était laissée à la seule dynamique des investisseurs qui ne trouveraient pas en face d'eux un dialogue sur le moyen / long terme avec les responsables de l'aménagement du territoire dans les PED – des choix de société librement discutés et consentis. Partenariat acceptable entre le Nord et le Sud sur des bases probablement régionales • une tâche exaltante et difficile dont on voit apparaître les prémisses, telles les études sur le West African Power Pool qu'il conviendrait sans doute de réorienter.

Le marché quantitatif est manifestement aujourd'hui au Nord, en raison des obligations de substitution que la stabilisation du climat et les traités internationaux lui imposent.

Qualitatif

Lorsque les énergies renouvelables sont prônées comme « la solution » de l'accès à l'énergie domestique moderne pour les foyers des régions peu PED, trois simplifications sont à redouter :

- Que l'on borne cette vision à la disponibilité d'électricité dans les foyers ruraux, alors que la taille de l'enjeu énergétique durable est bien plus grande pour les usages incontournables de cuisson des aliments (et de chauffage dans les zones de montagne).

- Que l'on dissocie cet apport énergétique des déterminants du développement économique et social censé s'y rattacher, mais où l'énergie électrique n'est que l'une des composantes – et souvent mineure – au regard de l'eau potable, de l'accès à la scolarisation, aux soins de santé, aux communications, aux possibilités d'écoulement des biens produits.

- Que l'on ignore la dynamique de croissance de la consommation engendrée par un premier accès – domestique - aux énergies modernes, et que l'on fasse l'impasse sur les dispositions à prendre pour assurer un suivi de la croissance des besoins par les mécanismes et structures qui auront été utilisés pour le premier équipement. Hautement qualitatif, ce potentiel a lui aussi été chiffré dans la référence 5 s'agissant de l'électrification hors réseau par systèmes photovoltaïques et éoliens. L'ensemble y est évalué à 5 TWh au Nord, en base annuelle contre 260 TWh au Sud sans qu'il soit possible d'y attacher un calendrier vraisemblable à l'heure actuelle. Mais que sont ces 280 TWh en termes de substitution à des combustibles fossiles émettant des gaz à effet de serre ? Il est d'ailleurs vraisemblable que cette évaluation majeure abusivement la part dévolue aux EnR, car dans une dynamique à 20 ou 50 ans, les réseaux se seront étendus et les groupements villageois auront eu meilleur compte – s'ils doivent financer eux-mêmes leur équipement – à s'équiper de petits diesels et de micro réseaux.

Le programme d'électrification décentralisée en Afrique du Sud

un chemin chaotique et sinueux

Njeri Wamukonya

UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment,
Risoe National Lab, Danemark

Le gouvernement de l'Afrique du Sud s'est engagé à garantir l'accès à l'électricité pour tous. Puisque cet objectif ne peut être atteint par l'extension du réseau, le gouvernement poursuit des investissements destinés à mettre sur un pied d'égalité les technologies d'électrification par le réseau et les technologies d'électrification décentralisée. Des subventions pour l'électrification rurale sont attribuées à des sociétés privées, dans le cadre d'un programme d'électrification décentralisée en zone rurale lancé au début de l'année 1999. Cependant, bien que les sociétés aient été sélectionnées en avril 1999, aucune d'entre elles n'avait encore commencé à fonctionner en octobre 2000. Cet article examine le processus depuis le lancement du programme jusqu'en octobre 2000. Le rôle d'un certain nombre d'acteurs sera esquissé et les principales activités entreprises dans le cadre du programme seront présentées.

N.W.

Introduction

Des efforts conjugués visant l'extension du réseau de distribution d'électricité à la majorité de la population de l'Afrique du Sud ont débuté en 1991. À son arrivée au pouvoir le gouvernement mené par l'*African National Congress* a créé le *Reconstruction and Development Programme* en 1994, soulignant ainsi sa volonté d'améliorer l'accès à l'électricité pour les populations qui en étaient privées jusqu'alors. L'objectif était de relier 2,5 millions de logements au réseau entre 1994 et 2000. [RDP, 1994]. Cet objectif a été dépassé. A la fin 1999 les deux tiers environ des foyers en Afrique du Sud pouvaient accéder à l'électricité par le réseau [DME, 2000], comparé à un niveau estimé à 44% (40% de la population¹) à la fin 1994. [Thom et al., 1995]. Cependant l'électrification dans les zones rurales continue à traîner loin derrière, avec 46,29% des logements électrifiés à la fin 1999 [NER, 2000]. Dans son budget pour l'année fiscale 2001 le gouvernement sud-africain a prévu 86 millions de ZAR² pour des subventions au programme d'électrification rurale décentralisée, dans un effort visant à augmenter le niveau d'électrification et atteindre le but de l'accès universel à l'électricité³. Dans le cadre du *Reconstruction and Development Programme* l'électrification s'est faite principalement par les connexions au réseau dans des zones urbaines et des sites plus densément peuplés. La majeure partie de ceux qui sont sans électricité se trouve maintenant dans des endroits où l'extension du réseau n'est pas économiquement viable. Les subventions rendront l'électrification décentralisée plus compétitive, et ainsi toucheront plus largement les communautés coupées du réseau. Le soutien que le gouvernement

apporte à cette démarche est manifesté par l'inclusion des connections hors-réseau dans les prévisions du programme national d'électrification⁴.

Le temps passe, mais il n'est pas encore acquis que les objectifs seront réalisés. Le projet à l'origine était de donner des concessions rurales à des entrepreneurs privés, qui recevraient des aides à l'investissement pendant une période limitée, afin d'utiliser des technologies décentralisées pour l'électrification de ces zones. Comme il sera exposé dans cette communication, ce raisonnement a quelque peu évolué.

Au début de l'année 1999 le *Department of Minerals and Energy* (DME) a publié un appel d'offres portant sur l'électrification rurale par des technologies solaires. Cet appel d'offres précisait que les adjudicataires seraient sélectionnés pour leurs compétences techniques et financières. Malgré le fait qu'il y avait peu d'informations sur l'étendue de l'offre⁵, la réponse était d'une ampleur inattendue. En tout, 28 offres ont été soumises. Six d'entre elles ont été retenues⁶. Bien que les zones à électrifier aient été identifiées de manière générale, les critères de sélection n'avaient pas été établis. Les projets préliminaires soumis au DME étaient donc très théoriques et largement hypothétiques, puisqu'ils ne se référaient pas à des zones spécifiques. Le DME s'attend à recevoir des projets commerciaux plus détaillés et réalistes qui lui permettront de fixer les niveaux des subventions, une fois que le programme entrera dans la phase d'implémentation. Les zones ciblées de manière large sont les districts de Northern Province, Kwazulu Natal et Eastern Cape. Le programme se donne pour but d'assurer l'électrification de 250 000 foyers d'ici trois ans. Avant l'appel d'offres du DME le Shell-Eskom Joint Venture a initié un projet dans Eastern Cape en 1998, visant l'électrification de 50 000 foyers ruraux avec des systèmes solaires domestiques sur une période de cinq ans. Le lancement de ce projet a été largement médiatisé et politisé, et a pu influencer sur le calendrier du programme décentralisé du DME. Les pressions exercées par divers groupes d'intérêts, y compris des entités politiques, ont eu et continuent à avoir une influence décisive sur le déroulement du programme.

L'implémentation du programme devait commencer en juin 1999. Cependant, celle-ci n'a pas encore eu lieu. Depuis un an environ un certain nombre d'acteurs poursuivent des activités qui sont censées préparer cette mise en route. Cette communication esquisse ces événements tels qu'ils sont vus par l'auteur, et l'impact qu'ils ont pu avoir sur le processus.

Les acteurs et les développements institutionnels

Depuis plus d'un an les acteurs poursuivent leurs discussions sur la mise en place du programme d'électrification rurale décentralisée. Les acteurs ont été représentés en tant que groupes constitués ainsi qu'en leur capacités individuelles. Parmi eux se trouvent : le DME, le *National Electricity Regulator* (NER), la mission pour l'électrification décentralisée, Eskom, la *Development Bank of Southern Africa* (DBSA), les concessionnaires et les autorités locales. Quels sont les enjeux pour ces groupes et quelles ont été leurs interactions avec le processus ?

Le DME, le NER et SALGA

L'idée d'utiliser des concessions décentralisées pour assurer l'électrification rurale a pris forme au sein du DME, et le département a piloté le processus du développement du programme d'électrification décentralisée. Le raisonnement pour le soutien au programme invoquait la possibilité d'apporter l'électricité à plus de gens, en mettant sur un pied d'égalité les technologies d'électrification par le réseau et les technologies d'électrification décentralisée. De plus, il existait un courant de pensée qui croyait que permettre aux entrepreneurs privés d'entrer dans des secteurs normalement délaissés parce que jugés trop risqués par les investisseurs, stimulerait la confiance de ces mêmes investisseurs, attirant ainsi d'autres investissements et créant des occasions qui généreraient des revenus.

La responsabilité globale pour la mise en place et la tutelle du programme est confiée au DME. Une de ses principales responsabilités directes est de créer un environnement favorable à l'investissement, et ceci implique l'élaboration du cadre réglementaire dans lequel le programme poursuivra ses opérations.

Le NER est l'agence responsable pour la réglementation de l'électricité au niveau national. Juridiquement, il apparaîtrait que du fait que les concessionnaires ne sont pas obligés d'obtenir des permis pour leur activité, ils ne seraient pas soumis à l'autorité du régulateur. Cependant, le fait que le programme fasse appel à des fonds publics fournit un des principaux arguments en faveur de l'implication de l'instance de réglementation. De plus, la nouveauté de la démarche ainsi que les technologies en jeu incitent à la réglementation. En l'absence d'une agence gouvernementale mandatée pour la gestion de ces subventions, le NER semble être le mieux placé pour assumer ce rôle. À présent le NER assure la gestion des fonds pour l'électrification qui sont destinés aux municipalités, en grand partie pour les mêmes raisons. Toutefois, en toute probabilité le fonds consolidé pour l'électrification ne sera pas géré par le NER à l'avenir.

La *South African Local Government Association* (SALGA) a été fondée en novembre 1996 pour défendre les intérêts de certains gouvernements locaux. Suivant ce mandat, SALGA est impliquée dans l'électrification, surtout du fait que la démarche d'électrification pourrait éventuellement modifier les rôles des autorités locales et les revenus des municipalités. Une des façons de sauvegarder ces intérêts a été de leur donner une représentation au sein du *National Electrification Coordinating Committee* et de la mission pour l'électrification décentralisée.

La dynamique de la mission pour l'électrification décentralisée

La mission pour l'électrification décentralisée a été formée par le *National Electrification Coordinating Committee* en août 1999, avec pour tâche de conseiller ce comité sur les moyens de faciliter la mise en place du programme hors-réseau. L'équipe de la mission est composée de membres venant du DME (le président), SALGA, Eskom, NER et DBSA. L'équipe se réunit régulièrement pour discuter des avancées et des problèmes, et pour prévoir la progression vers l'implémentation. Les premières réunions étaient réservées aux membres. Plus tard des chercheurs étaient invités à présenter des communications sur des sujets liés aux conventions et au cadre

réglementaire proposés. La première réunion en présence des chercheurs a eu lieu le 19 janvier 2000. Récemment une innovation notable a été d'étendre cette invitation à des concessionnaires, qui ont participé à une partie de la réunion du 26 juillet 2000. Ce changement qui substituait une approche inclusive à la démarche traditionnellement exclusive des forums sur la politique du gouvernement semble avoir été motivé par certains événements importants.

Depuis le début de cette année les concessionnaires ont renforcé considérablement leurs efforts et leur implication, et ont activement entrepris des initiatives destinées à accélérer le processus. Ils ont réagi par écrit et sans tarder aux premiers brouillons des textes des conventions. Ils ont rédigé des contributions supplémentaires autour des questions qui provoquaient des blocages, par exemple la "proposition de compensation en cas d'extension du réseau". Le travail le plus visible a été d'organiser une réunion des acteurs afin de débattre des questions les plus épineuses soulevées par les conventions, réunion à laquelle étaient conviés les membres de la mission. Le ton et l'évolution des débats à cette réunion ont montré que les acteurs avaient plus en commun qu'ils n'avaient de différences. Le fait que les concessionnaires acceptent Eskom en tant qu'autorité concédante signifiait que les questions portaient maintenant sur les modalités plutôt que sur la démarche. Les questions clés, surtout celles qui devaient être abordées par Eskom, ont été discutées à la réunion, et sur la plupart de ces questions les participants ont trouvé un large consensus. On a demandé au représentant d'Eskom de consulter le conseil d'administration de la société et de fournir des éléments d'information sur la plupart de ces questions à la réunion de la mission pour l'électrification décentralisée. Donc il semblerait plus efficace que des concessionnaires soient présents à cette réunion. Cependant il paraît que cette participation a été limitée à une seule fois car les concessionnaires n'ont pas été conviés aux réunions ultérieures.

Eskom

Eskom est le principal producteur, transporteur et distributeur d'électricité du pays. L'électricien est maintenant en cours d'être constitué en société

té et sera divisé en entités distinctes. Entre temps une société "holding" a été créée pour gérer la transition. Pour Eskom, le cœur de son métier a été l'électrification par l'extension du réseau. Son implication dans l'électrification hors-réseau s'est limitée à des programmes institutionnels, essentiellement des écoles et des dispensaires. En 1999 Eskom a formé une société à risque partagé avec Shell South Africa pour l'électrification rurale par systèmes solaires domestiques dans la région de Eastern Cape. Mais au commencement du programme d'électrification rurale décentralisée Eskom ne s'est pas montré particulièrement intéressé par une implication plus en avant. Près d'un an après le lancement du programme la position d'Eskom semble avoir changé et l'électricien a décidé de participer en tant que partenaire contractuel des concessionnaires. Dans l'idéal ce rôle aurait été assumé par les autorités locales. Une des grandes préoccupations des concessionnaires était le danger que le réseau centralisé soit étendu à une zone concédée sans préavis suffisant, ce qui compromettrait la rentabilité des projets. La présence d'Eskom contribue à dissiper cette menace.

Les concessionnaires et leurs activités

Le programme a attiré des sociétés nationales et internationales, pour la plupart sans expérience dans le domaine des concessions hors-réseau. Tous les concessionnaires sont des groupes : BP SA-Emtateni-Eskom⁸, Solar Vision & Partners, Renewable Energy Africa & Partners, Electricité de France-Total, Spescom and NUON-RAPS. Spescom s'est retiré depuis, principalement parce que la zone désignée pour électrification décentralisée où ce groupe devait établir ses opérations a reçu de l'aide internationale pour l'extension du réseau.

Certains observateurs sceptiques se posent des questions quant à l'intérêt que montrent les investisseurs privés pour l'électrification rurale décentralisée, une activité qui normalement serait considérée comme étant extrêmement risquée et sans attrait pour les chercheurs de bénéfices. Ils se demandent si les concessionnaires ont des motivations cachées, ou s'ils disposent d'informations sur le marché en plus de celles qui ont été rendues publiques. Les concessionnaires

sont-ils attirés par les aides à l'investissement, qui sont de l'ordre de 75% selon la rumeur ? Il a été suggéré que les concessionnaires cherchent à se positionner de manière stratégique en vue d'une future activité dans l'électrification par le réseau, plus rentable. Néanmoins, en tant qu'investisseurs motivés par les bénéfices et par une contribution au progrès social, les concessionnaires se montrent plutôt patients. On peut noter que pour tous les concessionnaires ces opérations ne représentent qu'une partie de leur panoplie d'activités, bien que pour certains elles en constituent également la partie la plus importante financièrement parlant.

Il est probable que les concessionnaires s'attendaient à se mettre au travail dès l'acceptation de leurs offres. Bien que les concessionnaires aient été sélectionnés et annoncés en mai 1999, ils n'ont toujours pas formalisé de contrat avec le DME ou avec une quelconque autre entité dans ce domaine, et de ce fait les termes de l'adjudication restent obscurs. On peut se demander si le jour venu les concessionnaires seront en mesure de remplir de telles obligations contractuelles. Depuis leur sélection les notions de base relatives à la structure institutionnelle du programme et à son plan d'implémentation ont évolué de manière significative. Même si les concessionnaires se sont maintenus informés des développements, la question se pose de savoir si les termes de leur sélection sont toujours pertinents, et donc s'ils sont toujours qualifiés à remplir les conditions qui seront éventuellement convenues. Au fur et à mesure que la responsabilité se déplace, du DME et d'autres agences gouvernementales vers Eskom, cette question devient encore plus aiguë puisque techniquement et peut-être légitimement Eskom pourrait demander un nouvel appel d'offres, du fait qu'Eskom n'a pas pris part à la première procédure de sélection. D'un autre côté, l'accord d'agence entre Eskom et le DME donne à Eskom la possibilité d'agir pour le compte du gouvernement. Dans ce cas Eskom serait tenu par les promesses ou les engagements déjà souscrits par le DME. Au cas où Eskom se déciderait à remettre en cause les offres, est-ce que les soumissionnaires seraient compensés pour les coûts encourus jusqu'ici, et si oui, comment et par qui ?

L'implémentation du programme, le processus d'élaboration des conventions

Au moment où l'appel d'offres pour l'électrification rurale a été publié par le DME en avril 1999, très peu avait été fait en termes d'élaboration d'un cadre réglementaire qui permettrait la mise en place du programme. Les six groupes adjudicataires ont été sélectionnés au cours du même mois. Il était prévu que ces groupes mettraient leurs activités en route en juin 1999. Mais il était bientôt évident qu'il fallait préciser des procédures et des règlements sur plusieurs points fondamentaux avant que le projet puisse commencer. Les modalités du versement des subventions, l'allocation des zones de concessions et les termes selon lesquels les concessionnaires travailleraient étaient parmi les premiers éléments qu'il fallait définir. La structure institutionnelle qui encadrerait le programme n'avait pas été assez élaborée. L'implication, les rôles et les capacités des acteurs clés tels que les autorités locales, et à un degré moindre Eskom, n'avaient pas été suffisamment explorés. Les discussions entre les acteurs ont soulevé des questions cruciales, restées sans réponse.

Parmi les principales questions et zones d'ombre touchant directement aux concessions, on trouve les suivantes : qui aurait la responsabilité de contrôler que les concessionnaires remplissent leurs obligations, est-ce que ces derniers étaient en mesure de remplir lesdites obligations, qui serait chargé de la gestion des subventions, quel serait le taux de subvention, est-ce que le choix des technologies serait restreint, de quelle durée devrait être les conventions, de quelles tailles seraient les zones de concessions, quelles seraient les conséquences si le réseau était étendu à une zone de concession, à qui appartiendraient les actifs – au gouvernement, aux concessionnaires et aux clients ?

D'autres points ont été soulevés, touchant à des questions plus larges. Est-ce qu'il vaudrait mieux utiliser des petits systèmes solaires pour l'électrification des communautés rurales, ou subventionner l'extension du réseau à ces zones ? Est-ce que l'électrification décentralisée compromettrait les chances d'une éventuelle électrification par le réseau pour ces communautés ?

Est-ce que les fonds publics devraient aller à des entrepreneurs privés dont le but est de faire des bénéfices ?

C'est SALGA qui a formulé l'expression la mieux articulée et la plus détaillée de ces préoccupations, dans une lettre adressée au DME en décembre 1999. Les principales questions soulevées par SALGA touchent à la période contractuelle, aux conséquences de la démarcation régionale attendue, à l'extension du réseau dans les zones de concession, à la propriété des actifs, au cadre réglementaire, aux choix de mode de livraison et à l'uniformité dans la fourniture des services. Il n'est pas très clair pourquoi SALGA n'a pas formulé ces préoccupations plus tôt, en tant que membre de la mission pour l'électrification décentralisée. Toujours est-il que la démarche de SALGA a eu pour effet de ralentir le processus. En réponse aux questions formulées par SALGA les efforts pour mettre en place le programme ont redoublé, notamment par le renforcement des forums de discussion. Les concessionnaires, qui jusqu'alors avaient été des bénéficiaires relativement passifs en attente des directives du DME, sont devenus plus actifs et se sont engagés plus en avant dans le processus.

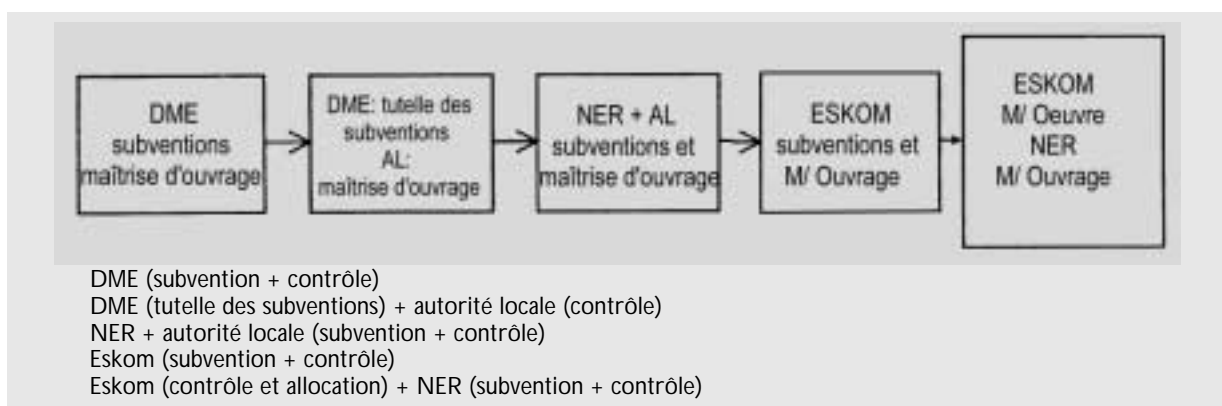
L'émergence de ces préoccupations, leur teneur et la réponse de la part du DME ont soulevé la question de savoir à quel point le DME était prêt à mettre en place le programme. Les chemins possibles pour le programme hors-réseau sont multiples, et promettent des résultats différents en termes de niveau et qualité de service, d'efficacité des investissements et de durabilité de l'initiative. Etant donné cet éventail, des études et des analyses approfondies auraient dû être menées, surtout par rapport aux conséquences à court et long terme des différents scénarios. Le chemin le plus acceptable aurait été choisi parmi les options identifiées. Un effet immédiat et significatif des préoccupations de SALGA a été de souligner la nécessité de développer des conventions contractuelles entre les concessionnaires et les agences gouvernementales concernées, comme point de départ pour résoudre les questions soulevées. Auparavant il avait été demandé à la DBSA de rédiger une convention de concession, et celui-ci avait soumis un projet pour dis-

cussion à la mission pour l'électrification décentralisée en juillet 1999. Mais le projet n'avait pas beaucoup avancé. L'*Energy and Development Research Centre* (EDRC), un organisme à but non lucratif, avait pendant le dernier trimestre de 1999 obtenu des fonds de la Shell Foundation pour le suivi et l'évaluation du programme de concession. Il a été demandé à EDRC d'utiliser une partie de ces fonds pour l'élaboration des conventions contractuelles. Le processus d'élaboration de ces conventions a été long, très interactif et dynamique. Les conventions ont fourni une base de discussion permettant de progresser, et une issue à un processus qui semblait bloqué. De nombreuses modifications ont été apportées aux projets originaux, portant aussi bien sur le contenu que sur la forme. Les changements les plus importants, les plus intéressants et peut-être les plus provocateurs d'une nouvelle pensée ont porté sur les parties aux conventions. Cette évolution est présentée sur la figure 1. Aussi remarquable est le glissement d'analyse sur les types de conventions nécessaires.

Quand la notion des concessions pour les besoins de l'électrification décentralisée a commencé à prendre forme, il a été envisagé que les concessionnaires souscriraient une seule convention avec les autorités locales qui couvrirait à la fois la gestion des subventions et la fourniture des services. La présomption était que le DME aurait la tutelle des subventions qu'il transférerait périodiquement aux autorités locales qui à leur tour les distribueraient aux concessionnaires. Dans ce schéma, on considérait qu'il n'y aurait pas besoin d'une convention contractuelle entre le DME et

les autorités locales. Les autorités locales auraient la responsabilité de veiller à ce que les concessionnaires remplissent leurs obligations en matière d'électrification. Le raisonnement derrière ce projet était que les autorités locales ont le droit constitutionnel de fournir des services à leurs administrés. Cependant il a été remarqué que le DME ne possède pas la capacité de gérer des subventions. En plus, de telles activités pourraient éventuellement empêcher le DME de poursuivre correctement son mandat premier qui est la supervision du développement et de l'implémentation de la politique énergétique au niveau national, car il y aurait des possibilités de conflits d'intérêts. D'un autre côté, SALGA a soulevé des questions concernant les capacités au sein des autorités locales leur permettant d'entreprendre les tâches qui leur seraient demandées. Il a donc été proposé que le NER se charge du rôle de l'administration relative à la fois aux questions des subventions et de la fourniture des services, dans les localités où les autorités locales n'avaient pas la capacité de faire fonctionner les concessions. Dans ce cadre, deux conventions contractuelles ont été élaborées, l'une concernant les subventions et l'autre relative à la fourniture des services (aussi connue sous le nom de "convention de concession"). Du fait que le NER avait été impliqué dans l'administration du fonds d'électrification en l'absence d'un organisme légitime, il était considéré comme étant bien placé techniquement pour gérer les subventions. Néanmoins, certains ont pensé qu'un tel rôle serait en contradiction avec les tâches de réglementation du NER. En plus de cela, et bien

Figure 1 : Évolution du schéma contractuel



qu'une des principales fonctions du NER soit de veiller à ce que les fournisseurs d'électricité se conforment aux conventions, il y a eu des doutes au sujet de la capacité du NER de contrôler efficacement les concessions dispersées, avec ses moyens actuels limités.

On peut en effet arguer qu'à présent le NER ne possède pas dans les zones rurales les réseaux nécessaires permettant d'assurer de telles activités de contrôle. Des possibilités permettant au NER de remplir ce rôle sans conflit d'intérêts ont été explorées. La meilleure solution a semblé être de permettre au NER d'agir pour le compte des autorités locales. Les conventions contractuelles ont donc été modifiées afin d'intégrer le NER. Pendant le déroulement des négociations sur le choix du NER comme autorité concédante, SALGA poursuivait des discussions avec Eskom avec l'intention de convaincre Eskom de fournir de l'électricité dans les zones rurales, en partenariat avec SALGA. Donc dans la proposition suivante Eskom serait l'autorité concédante, elle recevrait les subventions du gouvernement et les remettrait aux concessionnaires. De cette façon Eskom signerait une convention de subvention et une convention de concession avec le concessionnaire. Eskom serait également chargé du suivi du processus et devrait veiller à ce que les objectifs soient atteints, à savoir, que le nombre de clients reliés était conforme au contrat. Un tel montage voudrait dire que dans la pratique Eskom évaluerait et approuverait les projets commerciaux des concessionnaires. Ce montage risque de faire annuler la sélection des concessionnaires par le DME. En tant que rival potentiel des concessionnaires, le fait d'avoir accès aux informations confidentielles concernant leurs projets commerciaux accorderait une position avantageuse à Eskom, au détriment des concessionnaires. Eskom est déjà un fournisseur d'électricité hors-réseau dans une des zones, et voudrait bien étendre ce service à d'autres zones. Il pourrait ainsi utiliser les projets commerciaux des concessionnaires pour élaborer un projet plus compétitif de son côté. Ce problème de conflit d'intérêts potentiel a été résolu au moyen d'un compromis découplant les activités commercialement sensibles des rôles de supervision général au sein de l'autorité concédante. Eskom se

chargerait des derniers, et le NER des premiers. Avec l'entrée d'Eskom dans ce montage, la conception originelle des concessions a changé. Initialement, une approche par zones basée sur des "aires d'opération" était prévue. Dans ce cas, les fournisseurs de services auraient l'obligation de servir tous les clients. Au lieu de cela, Eskom a déclaré que les fournisseurs des services hors-réseau mèneront leurs activités dans des "aires d'autorisation" qui existeront à l'intérieur d'une zone de concession où Eskom fournira de l'électricité par le réseau où cela s'avère viable.

L'allocation des concessions

Bien qu'il soit prévu que les soumissionnaires suivent le modèle des concessions, l'appel d'offres d'origine n'invitait pas les entrepreneurs à soumettre des propositions liées à des zones précises. La présomption ici est soit que les niveaux d'effort et d'expertise requis seront semblables pour toutes les régions, soit que les entrepreneurs seront très flexibles au cas où les zones différaient par rapport à leurs analyses initiales. Il pourrait y avoir, cependant, une indication de la flexibilité du DME, permettant un ajustement de ses propres objectifs, ou permettant aux adjudicataires de modifier leurs démarches.

Les zones de concession n'ont été désignées qu'à la mi-décembre 1999, et encore seulement de manière informelle. Pressés de commencer au moins des analyses préliminaires des zones de concession, les concessionnaires ont prié le DME de procéder à l'allocation des zones. Il est à noter que le DME n'avait pas élaboré de critères pour ce processus. Pris au dépourvu, le DME a cherché à poursuivre un processus transparent et très large dans lequel tous les concessionnaires ont pris part au processus de décision, culminant avec une réunion. Quoique les concessionnaires n'aient peut-être pas prévu une telle démarche, il était évident qu'entre eux ils avaient parlé des concessions et ceci s'est avéré très utile. Les allocations étaient conformes à leurs souhaits. Mais cette allocation était informelle, dans l'attente de la reconnaissance du *National Electrification Coordinating Committee*. La formalisation des zones de concession n'est

intervenue qu'en octobre 2000, et de plus, avec des modifications importantes par rapport au projet d'origine.

L'inclusion de la municipalité de Durban Metro en tant qu'autorité locale investie de la capacité d'appliquer le programme menaçait de perturber l'allocation des concessions. Ayant exprimé son souhait de mettre en place le programme, la municipalité est entrée dans des discussions informelles avec certains des concessionnaires. Mais il a été ensuite remarqué que la juridiction de la municipalité se trouvait incluse dans un territoire déjà alloué à un autre concessionnaire. Ce problème a été résolu par la formalisation de l'allocation des zones de concession.

Les implications pour les énergies renouvelables

Les problèmes rencontrés avec le programme d'électrification décentralisée soulèvent des questions importantes pour le secteur des énergies renouvelables. Globalement, une attention croissante est portée à la promotion des technologies des énergies renouvelables en tant que stratégies pour la réduction des gaz à effet de serre. Pour les personnes qui s'intéressent de près à ces technologies, un projet réussi, contrastant avec tant d'initiatives ratées, serait bien utile pour la promotion de la cause. Depuis longtemps, différents gouvernements ont déclaré l'intention de mettre sur un pied d'égalité l'électrification par le réseau et l'électrification décentralisée. Mais très peu ont traduit ces intentions en

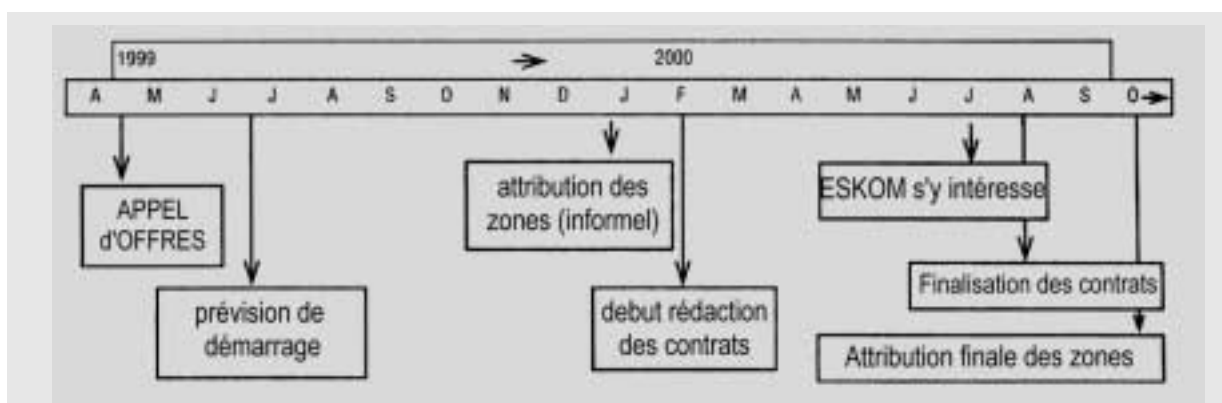
plans d'action réalisables, et encore moins ont essayé d'exécuter les plans d'action. L'immobilité qui entoure la mise en place du programme d'électrification décentralisée en Afrique du Sud ne doit pas être interprétée comme un problème lié aux technologies renouvelables, ni même comme des difficultés liées à l'approche du type fournisseur d'électricité hors-réseau, mais doit être analysé pour ce qu'il est, à savoir un fardeau institutionnel.

Quelques leçons

Malgré le fait que le programme n'a toujours pas démarré, l'expérience acquise jusqu'ici peut fournir des leçons utiles pour les initiatives futures. La nouveauté de l'approche prévoyant l'électrification décentralisée par concessions justifiait un niveau de préparation plus élevé que celui constaté. Néanmoins, la signification de l'élaboration du programme et surtout le soutien à l'électrification décentralisée et l'approche progressive adoptée par le DME ont eu leurs mérites. L'attitude des acteurs confrontés aux blocages a été généralement optimiste et pragmatique. Les difficultés du programme ont conduit à un processus interactif impliquant les acteurs, et ceci a eu pour résultat le développement de rapports public-privé relativement étroits. Dans un environnement où les partenariats public-privé sont considérés comme étant la voie vers la prospérité, cette évolution est très certainement positive.

Clairement, on ne peut pas trop souligner l'importance de développer un cadre réglementaire en amont d'un programme

Figure 2 : Étapes du processus en cours



relativement nouveau. Des consultations très larges avec les acteurs doivent aussi avoir lieu sans tarder. Pendant la phase de planification du projet il faut prévoir assez de temps et des ressources suffisantes pour la recherche, ciblant surtout les éléments clés qui sont déterminants pour le projet. Ce programme a montré l'importance des relations intelligentes entre les chercheurs, les artisans des politiques et ceux qui les mettent en pratique. Les programmes énergétiques peuvent profiter de partenariats entre les planificateurs et les décideurs politiques, et les instituts de recherche.

Remerciements

L'auteur est très reconnaissant à Douglas Banks de RAPS, Afrique du Sud, et à Keith Lovegrove pour leurs remarques détaillées et perspicaces et leur soutien lors de la préparation de cette communication.

Références

Department of Minerals and Energy (DME), 2000. The National Electrification Programme, Presentation to the Parliamentary Portfolio Committee on Minerals and Energy in March 2000, Pretoria, Department of Minerals and Energy.

National Electricity Regulator (NER), 2000. "Electrifying South Africa for prosperity and development", Electricity Regulatory Journal, National Electricity Regulator, South Africa, July.

Thom, C., Davis, M., and Borchers, M., 1995. Review of South African Experience in Rural Electrification, Cape Town, Energy & Development Research Centre, South Africa.

Reconstruction and Development Programme (RDP). 1994. The Reconstruction and Development Programme, ANC, South Africa.

Un autre débat que celui sur les renouvelables

Youba Sokona & Jean-Philippe Thomas
ENDA Tiers Monde, Dakar

énergie et lutte contre la pauvreté

La réduction significative de la pauvreté et le développement durable constituent les défis majeurs du début de ce troisième millénaire. Ces deux objectifs sont fondamentalement liés dans le contexte des pays en développement et de l'Afrique en particulier.

En effet, le développement durable en Afrique doit, en premier lieu, et c'est l'objectif majeur de la communauté internationale pour les années à venir, réduire la pauvreté : le Sommet des Nations-Unies du Millénaire (septembre 2000) n'a-t-il pas réaffirmé un objectif de réduction de moitié de la pauvreté d'ici 2015 ?

Or, force est de constater qu'aujourd'hui, l'énergie n'est pas explicitement prise en compte dans les initiatives de lutte contre la pauvreté. Pourtant, pour les populations pauvres, l'énergie est une composante essentielle de toute activité permettant d'assurer un minimum de développement économique et social et elle est indispensable à la satisfaction des besoins quotidiens (eau, nourriture, santé, etc.).

Face à l'énergie : l'insécurité et l'exclusion des pauvres¹

La satisfaction des besoins élémentaires des populations (nourriture, santé, logement, etc.) nécessite, pour la plupart d'entre eux, l'utilisation de diverses formes d'énergie. Leur rareté ou leur coût trop élevé concourent au maintien et à l'accroissement de la pauvreté en particulier

Le dossier spécial « Bulletin Africain – Changement climatique : points de vue africains » est disponible sur le site :
<http://www.enda.sn/bulletin.htm>

dans les zones rurales africaines. En effet :

- soit les formes d'énergie sont accessibles à tous (comme la biomasse sous ses diverses formes), mais alors les prélèvements de proximité sur le couvert végétal participent à la dégradation de l'environnement et à la rareté de la ressource. Ces pratiques énergétiques, si elles ne sont pas organisées, concourent à la détérioration de l'environnement dans lequel vivent les populations généralement pauvres et par la même amplifient leur situation de pauvreté ;
- soit les sources d'énergie (électricité, charbon de bois, gaz, produits pétroliers, etc.) sont régies par les mécanismes de marché en amont² ou en aval, et alors, le coût des services énergétiques est trop élevé en regard des ressources disponibles des populations pauvres.

Dans les deux cas, l'inaccessibilité des pauvres à un service efficient équivaut à l'impossibilité d'assurer la couverture de leurs besoins élémentaires dans des conditions satisfaisantes. Ce qui caractérise la pauvreté

c'est donc, au-delà de la faible consommation d'énergie, l'exclusion des pauvres des processus de transition énergétique observés actuellement et l'inefficacité des politiques énergétiques mises en œuvre à prendre en compte les préoccupations énergétiques des populations pauvres.

Pauvreté et pratiques énergétiques : on est loin des ENR !

Dans la plupart des pays africains, l'approvisionnement en énergie du milieu rural reste pour plus de 80% tiré de la biomasse, avec des rendements très faibles. Les résultats de nombreuses enquêtes et études dans les pays en développement³ ont montré que :

- pour un même service énergétique, les pauvres paient plus que les autres: un éclairage au kérosène est 35 à 40 fois moins efficace qu'un l'éclairage avec un tube néon. Ne parlons pas de l'efficacité des fourneaux à bois par rapport au G.P.L. En effet, pour la cuisson, par exemple, le rendement des premiers est cinq à huit fois inférieur à celui du gaz.

- les pauvres dépensent proportionnellement plus pour un même service énergétique que les autres. Un coût de service de base trop élevé accroît la part du produit et du service dans les dépenses d'un ménage et diminue d'autant la part consacré aux autres consommations indispensables (santé, nourriture, etc.). Quand on constate que pour les plus pauvres - moins de 7\$ (3 500 FCFA) de revenu par personne et par mois - l'énergie représente plus de 20% des dépenses, on perçoit que la couverture des besoins élémentaires en énergie est une ponction difficilement supportable - notons que pour un revenu de 216 \$ (environ 100 000 FCFA) par personne et par mois, la part des dépenses énergétiques est de l'ordre de 5%.

On peut même ajouter que le rapport entre les consommations d'électricité des pays les plus riches et des pays africains est supérieur à 150 et le taux d'électrification des villages reste, en Afrique, inférieur à 5%. L'état actuel des systèmes électriques conjugué aux mesures financières drastiques qui accompagnent les plans d'ajustement structurel laisse peu d'espoir de voir les populations rurales africaines accéder

rapidement à la satisfaction des besoins que procure l'électricité.

Tout concourt donc dans le domaine de l'énergie à faire perdurer la situation d'exclusion des pauvres et même à aggraver leurs conditions. Le processus de déforestation (plus de 2,5 millions d'hectares sont défrichés chaque année sur le continent) entraînant la dégradation constante de leur environnement. Quant à la diffusion des équipements utilisant des ENR, elle repose, pour partie, sur l'évaluation de la contribution monétaire possible des populations (généralement par mois) afin d'établir les modalités de vente à crédit de ces équipements, ce qui exclut le plus souvent les couches pauvres du bénéfice de cette diffusion. Il en est de même des sociétés de service énergétiques qui se proposent d'occuper la « niche » monétaire des équivalents en consommation de bougies, pétrole lampant, etc.

Quelle transition énergétique pour les pauvres ?

La transition énergétique se manifeste, dans la plupart des pays, par un renforcement, au moins pour la cuisson, du modèle dual urbain/rural: la biomasse en milieu rural, le charbon de bois et le gaz ou le kérosène en milieu urbain. En d'autres termes, si l'on prend l'exemple du Sénégal, le bois de feu reste le combustible domestique le plus utilisé : il ne représente pourtant que 1% des consommations dans la région de Dakar contre 94% dans le milieu rural. Ce qui signifie que le monde rural ne participe que très faiblement à la transition énergétique en gestation depuis une vingtaine d'années. Par ailleurs, les populations les plus pauvres des milieux urbains ne peuvent, elles aussi, accéder à aucune des sources d'énergie alternatives au bois de feu: c'est ce que l'on observe dans certains quartiers populaires où des ménages sont à la recherche d'un rare "bout de bois" pour effectuer la cuisson. Ne parlons même pas, pour eux, de l'achat d'un foyer amélioré !

Les mécanismes de la transition énergétique se réalisent donc en excluant les couches les plus défavorisées qui continuent à s'approvisionner hors des énergies commercialisées : toute exclusion des circuits de revenus monétaires (et en l'absence de mécanismes de redistribution) est

par définition exclusion des formes d'énergie commercialisées. À cela, s'ajoute le constat que les politiques, les programmes ou les projets énergétiques existants ou en cours d'élaboration ne considèrent pas de manière explicite la problématique énergétique des pauvres.

L'inefficacité, pour les pauvres, des politiques énergétiques actuelles.

Un tel constat est partagé actuellement par tous, y compris la Banque Mondiale⁴. En effet, les politiques énergétiques ont eu principalement pour objet, soit de subventionner globalement le secteur (a), soit de cibler l'objet des subventions distribuées (b), soit de taxer les consommations des plus aisés (c). Mais il faut souligner que :

(a) Tout subventionnement global (G.P.L., par exemple) bénéficie d'abord aux classes aisées qui y voient l'opportunité d'augmenter leurs consommations (ce qui crée parfois des pénuries) alors que les plus pauvres se reportent sur les énergies traditionnelles dont les prix ont subséquemment baissé.

(b) Tout subventionnement ciblé (kérosène, par exemple) entraîne généralement, de la part des offreurs, un rationnement de la forme d'énergie subventionnée car ils préfèrent diriger leur stock vers des demandes plus rentables (transport dans le cas du kérosène).

(c) La taxation des consommations des riches, en particulier dans les pays de raréfaction du bois, entraîne une augmentation de l'ensemble des prix des énergies. En d'autres termes, ce type de taxation a un effet négatif sur les possibilités de consommation des pauvres.

Face à une telle situation, c'est l'énergie humaine qui reste le palliatif pour un certain nombre d'usages comme la force mécanique. En milieu rural, la transformation des céréales et notamment la mouture s'effectue encore à l'aide du mortier, du pilon et de la force musculaire des femmes, ou encore, l'approvisionnement en bois disponible se fait à des distances de plus en plus longues, la rareté ou l'inaccessibilité à une source énergétique plus efficace doit être compensée par une plus grande consommation d'énergie physique. Les exemples sont nombreux au Sahel, où ces distances ont crû de plusieurs kilomètres en quelques années. Il en est

de même pour l'exhaure, le transport, etc. Si l'on ajoute encore que la distance moyenne à un poste de santé, le plus souvent dépourvu du minimum, en particulier des conditions de réfrigération, est, sur le continent africain, de l'ordre de 15 kilomètres et qu'il n'existe que des moyens de transport de fortune, on perçoit mieux l'état de pauvreté entretenu par le manque d'équipements ayant recours à quelque source énergétique que ce soit.

Face à un tel constat d'échec, les institutions financières internationales imposent alors des réformes de structure (privatisation des compagnies d'électricité dans un contexte de taux d'électrification de moins de 10%, appel au secteur privé pour l'électrification rurale) dont il est difficile actuellement de mesurer les effets.

Pour une approche communautaire de la prise en compte des besoins énergétiques

Le vieux débat entre biens collectifs et biens individuels resurgit dans la problématique de diffusion des équipements utilisant l'énergie. Finalement vouloir améliorer la situation des pauvres, toutes les enquêtes le prouvent, c'est les faire accéder rapidement à l'eau, à la nourriture et à la santé⁵. Il s'agit donc de resituer les équipements énergétiques dans ce contexte de bien collectif appliqué non pas à l'Etat lui-même mais à des collectivités beaucoup plus décentralisées (villages, communes, communauté rurales,...). La réussite du projet Mali Aqua Viva à la fin des années 70 et au début des années 80, en particulier dans son volet d'exhaure solaire, a permis de doubler les quantités d'eau mise à la disposition des populations et par suite de reprendre ou d'initier des activités de maraîchage, de résoudre les problèmes d'eau pour le bétail en saison sèche et d'engager des actions de reboisement. Le cas plus récent des plates-formes multifonctionnelles au Mali est également édifiant (voir encadré). En effet, à partir d'un moteur diesel entraînant divers équipements tels que : moulins, décortiqueuses, alternateurs, chargeurs de batterie, pompes, postes de soudure, machines de menuiserie, etc., la vie en milieu rural peut être radicalement modifiée. La plate-forme permet d'alléger les travaux pénibles des

femmes en leur libérant du temps qui pourrait être consacré à l'éducation, à l'entretien des enfants, à l'amélioration des conditions sanitaires mais aussi à des activités génératrices de revenus. En fournissant la possibilité d'une diversité de services énergétiques, la plate-forme permet de donner une impulsion importante aux différents domaines économiques et sociaux du monde rural (transformation alimentaire, irrigation, santé, artisanat traditionnel et mécanique, etc.).

Ainsi posée en termes de développement local et de bien collectif, l'introduction des équipements énergétiques, y compris ceux qui utilisent les ENR (éoliennes, biodigesteurs, solaire,...), constitue une réponse au problème endémique de la pauvreté. Elle va permettre, ici d'équiper un dispensaire en réfrigération, là de maintenir, voire de développer, des activités en milieu rural (maraîchage, séchage,...), etc.

Cela nécessite l'adhésion et la participation des populations. Prenons l'exemple³ des centrales villageoises photovoltaïques (sans prendre parti

sur le bien fondé ou non de ce type d'équipement puisque ces expériences ne semblent pas être renouvelées !), on observe que, lorsque les populations sont associées à la gestion de la centrale et qu'une tarification adéquate est négociée avec les populations, on enregistre des taux de raccordement de 95%, là où l'électrification classique par réseau obtiendrait moins de 10%.

Sans multiplier les exemples, l'accession des pauvres à des sources d'énergie leur permettant de satisfaire leurs besoins élémentaires nécessite, sur le continent africain, de partir d'une approche décentralisée, mais communautaire, dans laquelle les populations locales sont directement impliquées. C'est bien d'un autre mode de gestion des sources d'énergies qu'il s'agit.

Que faire et comment faire ?

Partir des besoins des plus défavorisés, c'est-à-dire travailler avec des groupes de base (village, communes, associations, etc.) et les appuyer pour trouver les solutions "ad hoc" dans la panoplie de celles qui existent, que ce soit dans le

La plate-forme multifonctionnelle au Mali⁷

Dans le souci, à la fois, de participer à la lutte contre la pauvreté en milieu rural, de réduire la pénibilité des travaux domestiques qui pèsent sur les femmes rurales (corvée d'eau, mouture des céréales, transformation des produits alimentaires locaux, etc.), d'offrir à ces femmes des opportunités d'activités génératrices de revenus, une expérience de gestion, et d'améliorer leur statut social, le PNUD et l'ONUDI en collaboration avec le gouvernement du Mali, ont initié, en 1996, un projet visant à une diffusion large de plates-formes multifonctionnelles.

La plate-forme multifonctionnelle consiste en une source d'énergie mécanique et électrique fournie par un moteur diesel de 8 à 12 Cv monté sur un châssis auquel divers équipements, tels que des moulins, des chargeurs de batteries, des pompes électriques, des presses de noix ou de légumes, des machines de soudure, des outils de menuiserie et/ou un mini-réseau pour l'éclairage, peuvent être connectés. La configuration des modules d'équipement est flexible et peut être adaptée aux besoins spécifiques de chaque village. À partir de ses nombreuses fonctions, la plate-forme peut être utilisée pour fournir des services variés et générer des revenus pour ses gestionnaires. Par ailleurs, de par sa simplicité, son installation et sa maintenance peuvent être réalisées par des artisans locaux et ses pièces détachées sont disponibles sur le marché local.

Grâce à la diversité des activités rendues possibles par plate-forme, ses effets se situent à plusieurs niveaux : économique, social et institutionnel. La plate-forme conçue comme l'infrastructure énergétique de base en milieu villageois a aussi stimulé la création, le développement et/ou la modernisation des activités des artisans dans les villages concernés.

L'expérience malienne a démontré que les plates-formes multifonctionnelles offrent un niveau de base de services énergétiques décentralisés permettant à l'économie locale de se développer et de servir de tremplin pour l'investissement et la croissance, le tout à un prix abordable pour les communautés rurales avec une aide limitée venant de l'extérieur.

Source : Abeeke Brew-Hammond et Anna Crole-Rees, Octobre 2001. Les plates-formes multifonctionnelles en Afrique. Revue axée sur le développement d'une initiative régionale. PNUD.

cadre de la mise en œuvre des conventions découlant de Rio (Désertification⁸ ou Climat), dans celui de projet de diffusion d'équipements énergétiques ou dans des programmes de gestion intégrée et durable (urbains ou ruraux). Actuellement on constate que les projets en milieu rural qui permettent une croissance effective des valeurs ajoutées passent par la mise à disposition de force motrice (en particulier dans le développement des systèmes agroforestiers comme le montrent les expériences menées par ENDA à Sébikotane au Sénégal). Il est donc préférable de s'orienter vers la diffusion de plateformes multifonctionnelles que vers celle de systèmes familiaux photovoltaïques.

On est alors très vite confronté à une recherche de cohérence entre les ressources locales (humaines, naturelles et financières) - la technique - le produit - le marché. Ce qui est déterminant dans la recherche de cohérence, ce n'est pas d'analyser séparément chacune de ces composantes mais, bien plus, la manière de relier chacune d'elles. Cela veut dire qu'il faut raisonner par couplage et non pas de manière indépendante.

En effet, il existe bien des centres de recherche qui travaillent sur la technique, souvent de manière isolée d'ailleurs ; il existe bien des entreprises artisanales (ou non artisanales) qui fabriquent des produits ; il existe bien une demande potentielle qui est monétarisée ou non (c'est le cas des plus pauvres). Les réponses sont donc dans l'adéquation des couplages :

ressources locales <-> technologie <-> produit <-> marché

Il existe dans toutes les régions un stock de savoir faire locaux et de ressources naturelles. Par contre, il existe un vide, ou tout du moins, un manque de circulation de l'information, en ce qui concerne les formes d'utilisation des ressources locales (à part le bois) : comment utiliser le pourghère, le karité, les résidus de biomasse, etc. ?

Certes des solutions existent (voir encadré ci-après sur le pourghère), des expérimentations sont pratiquées mais le plus souvent la vulgarisation ne se fait pas, car on ne relie pas ces composantes aux autres. Par exemple, la production

du produit nécessite de former les artisans (et ce n'est pas fait), le produit est trop cher par rapport au marché ou ne correspond pas aux besoins des populations.

Il s'agit donc de favoriser des recherches/actions permettant de poursuivre l'expérimentation de nouveaux matériels, l'adaptation de techniques ou la mise au point de produits considérés comme utiles, puis la démonstration en site type de la fiabilité technique ainsi que des faisabilités socio-économiques. Sur ce dernier point, nos analyses socio-économiques prennent souvent comme référence des projets utilisant les EnR parce que ce sont les seuls pour lesquels les bailleurs de fonds mobilisent des fonds importants pour assurer, du moins durant la période du projet, le succès de la diffusion !

Appuyer le renforcement des capacités pour l'élaboration de politiques énergétiques cohérentes⁹

On peut penser que les besoins des plus pauvres seront assurés à partir du moment où des politiques de développement (économique, technologique, etc.) sont effectivement mises en œuvre, c'est donc du côté des Pouvoirs Publics ou des décideurs, en général, qu'il faut centrer les actions. Or, le plus souvent les politiques mises en œuvre sont mimétiques, c'est-à-dire qu'elles reposent sur les mêmes modèles de consommation, en particulier dans le secteur énergétique (gaz, électricité, fuel, etc.). Or, on a vu que ces types de consommation, vu leur coût, seront longtemps inaccessibles et feront perdurer, là encore, la situation des plus pauvres. Le mimétisme a, en particulier, conduit à délaisser ou à ignorer le traitement de nombreuses ressources locales. De plus, en privilégiant l'approche projet (EnR comprises), les pouvoirs publics ont délaissé la cohérence qui devrait prévaloir dans une politique énergétique. On l'a souvent souligné, une somme de projets ne forme pas une politique d'autant plus que la nature des projets évolue au gré des priorités des bailleurs de fonds.

Comment faire comprendre à des décideurs qu'il existe des solutions locales diversifiées, en fonction des ressources et des besoins de

Possibilités de valorisation de l'huile de pourghère comme biocarburant ou dans la production de savon au Sahel

Pour produire 1 litre d'équivalent gazole il faut 6 kg de graines de pourghère pour un rendement de pressage de 20% que l'on peut obtenir dans les villages avec un pressage artisanal. Dans ces conditions, avec des graines livrées à la presse à 60 FCFA le kilo, un pressage à 20 FCFA/kg, le litre d'équivalent gazole revient à 480 FCFA, soit 180 FCFA plus cher que le gazole en zone rurale près de Bamako. Les prix des graines et du pressage représentent alors respectivement 75% et 25% du prix final. Avec des graines livrées à 125 FCFA/kg (prix pratiqué au Mali pour étendre les haies), le litre d'équivalent gazole passe à 870 FCFA. La vente des tourteaux à 20 FCFA/kg permet d'abaisser ce prix de revient de 96 FCFA, et donc d'obtenir un litre d'équivalent gazole respectivement à 384 et 774 FCFA.

Un prix de pressage à 20 FCFA/kg ne peut cependant théoriquement être obtenu qu'avec une presse chinoise ne coûtant que 2 250 000 FCFA (capital emprunté sans intérêts), utilisée 8h par jour et pressant 120 tonnes par an, ce qui nécessite 120 km de haies à proximité de la presse (1 km de haie produisant 1 t/an de graines). Pour des livraisons inférieures, de 60 t ou 30 t par an, le pressage d'un kilogramme de graines augmente respectivement de 11 FCFA et 32 FCFA, donc le prix du litre d'équivalent gazole respectivement de 66 FCFA et 192 FCFA.

L'augmentation du rendement de pressage de 20 à 23% permettrait d'abaisser le prix du litre d'équivalent gazole de 64 FCFA et celui du litre d'huile brute de 38 FCFA.

Pour pouvoir produire un litre d'équivalent gazole à 300 FCFA, prix pratiqué dans les villages, le prix des graines livrées à la presse ne doit pas dépasser 50 FCFA/kg, les tourteaux doivent pouvoir être vendus à 20 FCFA le kg et le pressage doit rester inférieur à 20 FCFA/kg, ce qui ne peut être obtenu qu'avec une presse chinoise pressant 120 tonnes par an.

En l'absence de rémunération du ramassage des graines et des tourteaux et avec la seule rémunération du pressage des graines, on obtiendrait un prix du litre d'équivalent gazole de 312 FCFA dans le cas d'une utilisation des presses pour seulement 30 tonnes de graines par an et de 120 FCFA pour un pressage annuel de 120 tonnes.

Le biocarburant ne peut donc pas actuellement concurrencer un gazole vendu au village à un prix avoisinant 300 CFA le litre. Deux voies peuvent cependant être envisagées pour rendre ce biocarburant susceptible d'être produit au niveau des villages plus compétitif :

- l'utilisation d'une presse non exclusivement pour l'extraction de l'huile de pourghère,
- un abaissement du prix des graines livrées par la mise au point de méthodes de récolte plus efficaces.

Pour des prix du gazole voisins de 150 FCFA le litre, comme en Inde, la production de biocarburant de pourghère est totalement inenvisageable. Seule une valorisation en savonnerie artisanale ou industrielle peut alors s'envisager, à condition toutefois qu'il n'y ait pas de fortes concurrences par d'autres huiles végétales moins coûteuses.

La prise en compte de la réduction des émissions de gaz à effet de serre par le " mécanisme de développement propre " du Protocole de Kyoto, avec une rémunération de 100 euros par tonne d'équivalent carbone fossile non émis, permettrait d'abaisser le prix du litre d'équivalent gazole de seulement 46,7 FCFA, ou le prix de livraison du kilo de graines de 7,8 FCFA.

Pour rendre ce biocarburant compétitif dans les pays où le gazole n'est pas subventionné il faut à la fois :

1) abaisser le coût de la récolte des graines - c'est là une des priorités pour les recherches qui se veulent appliquées,

2) envisager une utilisation de la presse non limitée à la production d'huile de pourghère

3) essayer d'obtenir un prix de la tonne de carbone évitée vraisemblablement supérieur à 100 euros.

Ceci par exemple en rémunérant aussi d'autres bénéfices environnementaux, en privilégiant par exemple la lutte contre la désertification dans le Fonds pour la Convention ou le Fonds pour l'Adaptation dont la création a été proposée à la Haye en Novembre 2000.

Nota : 1 EURO = 6,56 FF = 656 FCFA

Source : M. N. Sangaré & A. C. Riedacker (IPR/IFRA de Katibougou, Mali & INRA- STEPE, Ivry, France) à paraître dans " Bulletin Africain ", n° 15, février 2002 – RABEDE / ENDA

Ces résultats ont été obtenus à partir d'une plate-forme multifonctionnelle expérimentale mise en place à l'IPR de Katibougou (1995) dans le cadre du RABEDE.

développement locaux. Certes l'action auprès des décideurs a des effets qui sont moins lisibles, à court terme, que les actions de terrain, par définition plus en prise avec les populations.

En effet, tout appui au renforcement des capacités est un processus long. La démarche se situe à l'inverse des missions d'experts ou de « commandos » qui, sur un temps court, fournissent des résultats qui, le plus souvent, sont inexploités au niveau local puisque élaborés de manière exogène aux savoir-faire locaux. (Il s'agit en fait, dans ces missions, d'appliquer des solutions toutes faites plutôt que d'analyser des problèmes).

Des solutions diversifiées pour lutter contre la pauvreté

La problématique de l'énergie, en particulier en milieu rural africain, est plurielle et appelle une combinaison de réponses. En effet, résoudre le problème du bois de feu ne relève pas de la même logique que faire face à la croissance des besoins en carburant pour la motorisation agricole ou fournir la base énergétique des petites industries agro-alimentaires, de transformation et/ou de conservation des productions locales de l'agriculture, de l'élevage ou de la pêche. À vouloir apporter une solution moniste à des problèmes divers, on court le risque de manquer la cible et de multiplier les coûts d'adaptation de la solution à chaque problème spécifique comme le montrent bien les limites de l'électrification rurale.

Aussi, l'équation actuelle énergie/environnement, indissociable du problème global de développement durable, induit une nouvelle perception du développement énergétique qui est d'abord et avant tout basée sur la notion de diversification.

Cette diversification nécessaire est d'abord **thématique** en refusant les modèles qui, par mimétisme avec le Nord, voient dans des solutions « clés en main », la panacée pour le Continent. Nombre de systèmes électriques africains sont la manifestation flagrante de ces échecs, en particulier en matière d'électrification rurale. La dominance de l'offre a fait long

feu et c'est résolument dans l'analyse des demandes, par nature diversifiées, qu'il faut orienter les recherches de solutions adaptées. Cela induit la diversité dans les approvisionnements (énergies non renouvelables et énergies renouvelables) et dans les équipements (technologies traditionnelles, nouvelles technologies, technologies « combinées »). L'amélioration de techniques plus traditionnelles fait également partie de la panoplie des mesures adaptées au contexte africain. Il n'y a pas d'exclusive sur l'aspect ancien ou moderne de la technologie, c'est la combinaison adéquate des deux, l'une intensive en travail, l'autre en capital, qui dessine les solutions socialement efficaces.

La diversification **géographique** s'impose ensuite. En effet, la diversité des ressources, les conditions climatiques, les comportements des populations, le degré et les formes variables de leur insertion dans l'économie mondiale diffèrent suivant les régions, voire localement. Là encore, des solutions diversifiées sont à privilégier suivant les contextes : hydroélectricité, biomasse, éolienne, etc. Le continent a autant, sinon, plus besoin d'innovations économiques et sociales que d'innovations techniques: les « cimetières technologiques » en Afrique sont là pour le rappeler. Les échecs proviennent le plus souvent de la primauté de la technique (plus généralement de l'offre) sur les conditions socio-économiques de l'implantation. Les réussites résultent de la prise en compte des conditions socio-économiques des populations conjointement à la technique diffusée. Le succès du développement de technologie énergétique repose donc sur l'analyse constante de la relation technologie-produit-marché sous la contrainte sociale et environnementale.

La diversification **financière**, enfin, s'avère déjà effective. La communauté internationale semble disposée à ouvrir de nouvelles lignes de financement en vue de favoriser les projets et les investissements qui « épargnent » l'environnement. Les pays africains doivent se positionner en première ligne pour bénéficier, en particulier pour le milieu rural, de ces

nouvelles opportunités. À titre d'exemple, le Fonds pour l'Environnement Mondial consacre un de ses programmes opérationnels (sur les trois consacrés au Climat) à « favoriser l'adoption des techniques des énergies renouvelables en réduisant leurs coûts de mise en œuvre et en éliminant les obstacles à leur promotion ». Il en est de même pour le lancement rapide des petits projets du « mécanisme de développement propre ». Mais on lira par ailleurs les limites à l'alibi « effet de serre » pour le développement des EnR.

La problématique actuelle de l'énergie/environnement permet donc, en particulier pour le milieu rural, de repenser les problèmes de développement et de lutte contre la pauvreté, en réaffirmant qu'il existe des solutions diversifiées à puiser dans l'imagination et le réalisme et que les énergies renouvelables ne sont, actuellement, qu'un volet de solutions plus globales.

Quels instruments économiques

Philippe Menanteau, Marie-Laure Lamy
IEPE Grenoble

pour stimuler le développement de l'électricité renouvelable ?

La contribution des énergies renouvelables au ralentissement de la croissance des émissions de gaz à effet de serre est aujourd'hui la principale justification d'un soutien public auparavant fluctuant avec les prix du pétrole. Certains pays européens ont ainsi engagé depuis le milieu des années quatre-vingt-dix des programmes de soutien très volontaristes, notamment pour favoriser le développement la production d'électricité d'origine renouvelable. L'adoption définitive par le Conseil et le Parlement européens à l'automne dernier d'une « Directive relative à la promotion de l'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables dans le marché intérieur de l'électricité »¹ confirme cet intérêt croissant et définit des objectifs de production ambitieux pour chacun des États membres à l'horizon 2010. La réalisation de ces objectifs va nécessiter un renforcement des cadres incitatifs existants et probablement un renchérissement du coût des politiques publiques. La possibilité d'atteindre ces objectifs à moindre coût, qui était jusqu'à présent une préoccupation relativement secondaire tant que les objectifs restaient limités, devient dès lors une question centrale. Pour éclairer ce débat, nous examinons les différentes politiques mises en œuvre par les pays européens, enchères concurrentielles en Grande-Bretagne et en France, tarifs d'achat garantis en Allemagne, au Danemark, et en Espagne et marchés de certificats verts aux Pays-Bas et probablement dans d'autres pays très prochainement. La question posée est celle de la comparaison de l'efficacité des instruments de soutien au dévelop-

ment des énergies renouvelables selon le mode d'incitation choisi, par les prix ou par les quantités.

Le texte² est centré sur l'analyse de la filière éolienne sur laquelle se focalise l'essentiel des efforts dans la plupart des pays européens en raison de ses importantes perspectives de développement. Mais le débat dépasse le seul cadre de l'éolien, les instruments décrits ici pouvant être appliqués aux autres technologies de production d'électricité renouvelable.

Etat des lieux des politiques de développement de l'énergie éolienne au sein de l'Union européenne

Au début de l'année 2001, la capacité éolienne installée dans le monde s'élevait à 17 706 MW et la filière affiche depuis plusieurs années un dynamisme impressionnant avec des taux de croissance annuelle dépassant 25%. Un examen plus précis révèle la prédominance de l'Europe qui représente 73% des capacités mondiales avec 12 910 MW, avec toutefois une forte hétérogénéité des situations nationales. Certes, les gisements en ressources renouvelables (potentiel éolien, hydraulique, ensoleillement, ...) diffèrent d'un État membre à l'autre, mais ces données n'expliquent que partiellement les écarts de production constatés. L'Allemagne occupe la première place européenne pour la production d'électricité éolienne avec plus de 6000 MW de capacités installées fin 2000, loin devant la France et la Grande-Bretagne (respectivement 79 MW

et 419 MW)³ qui disposent pourtant des deux premiers gisements éoliens européens. Les écarts observés correspondent de fait à des efforts très contrastés de la part des Etats membres, indépendamment des potentiels disponibles ou de leurs coûts d'accès.

Les pays « leaders »

L'Allemagne et l'Espagne sont, avec le Danemark, les pays d'Europe dans lesquels la production d'électricité d'origine éolienne est la plus élevée et la dynamique de croissance la plus forte en raison de politiques très volontaristes basées sur des prix d'achat garantis élevés.

L'Allemagne produit aujourd'hui 11 TWh par an, soit environ 2% de sa production totale d'électricité. Ce résultat peut sans aucun doute être attribué à la loi appelée *Stromeinspeisungsgesetz* (The Electricity Feed Law ou EFL) qui, depuis 1991, imposait aux compagnies électriques d'acheter la totalité de l'électricité produite à partir de l'énergie éolienne, solaire, hydraulique et de la biomasse, à un prix fixé par le gouvernement⁴. Dans le cas de l'éolien, le tarif d'achat de 0,09 euros par kWh a permis l'installation de plus de 4000 MW pendant ses neuf années d'application, soit environ un tiers de la capacité totale installée dans le monde durant la même période. Depuis le printemps 2000, l'Allemagne dispose d'une nouvelle loi, nommée *Eneuerbare Energien Gesetz* (EEG) qui repose sur les mêmes principes de tarifs d'achat élevés (0,08 euros sur 20 ans pour les sites moyennement ventés) mais présente des évolutions importantes par rapport à la précédente pour tenir compte des nouvelles contraintes imposées par la libéralisation de l'industrie électrique.

Le développement de l'éolien est également très rapide en Espagne qui produit près de 4 TWh d'électricité d'origine éolienne, soit plus de 2% de la consommation nationale d'électricité. Après une première phase classique d'évaluation de la ressource et de développement de l'industrie nationale (1980-85), puis la mise en place d'un programme national de démonstration soutenu par les Provinces Autonomes (1985-90), la politique espagnole s'est résolument orientée vers l'ouverture du marché de l'éolien avec l'instau-

ration d'un tarif d'achat garanti de 0,06 euros/kWh jugé suffisamment attractif par les opérateurs. Le soutien continu de la part des autorités publiques, au plan national ainsi que de la part des Provinces Autonomes, a par ailleurs renforcé la stabilité de ce cadre incitatif. Avec 2,2 GW de puissance installée fin 2000, l'Espagne occupe aujourd'hui la troisième place au niveau européen et se rapproche très rapidement du Danemark.

Les pays « moins avancés »

La Grande-Bretagne et la France, malgré d'importants potentiels, sont en revanche beaucoup moins avancés dans l'exploitation de l'énergie éolienne.

La Grande-Bretagne qui possède le premier gisement éolien d'Europe, occupe la cinquième place en termes de capacité installée, avec 419 MW en service fin 2000. Créé en 1989, le NFFO (Non Fossil Fuel Obligation) avait pour objectif d'atteindre une capacité de production d'électricité de 1500 MWe en 2000 toutes filières renouvelables confondues. Les 5 appels à proposition lancés entre 1990 et 1998 ont permis de sélectionner 302 projets éoliens pour une puissance totale de 1154 MW⁵. Des contraintes administratives liées à l'obtention des permis de construire ont toutefois empêché la réalisation d'une proportion très importante de projets (60%) pourtant retenus dans la procédure initiale d'appels d'offre.

En France, la capacité éolienne installée n'atteignait que 76 MW en 2000 alors que le pays dispose du second gisement éolien en Europe (66 TWh sur le continent et 97 TWh en mer)⁶. Le premier programme de soutien, Eole 2005 qui visait à doter la France à l'horizon 2005 d'une capacité éolienne comprise entre 250 et 500 MW, a été initié en 1996 avec une double finalité, énergétique et industrielle. Les appels à propositions lancés de 1996 à 1999 ont conduit à la sélection de 55 projets éoliens totalisant une puissance de 361 MW. En termes industriels, on notera qu'Eole 2005 a permis à Vergnet S.A. de se lancer sur le créneau des machines de moyenne puissance et a favorisé l'émergence d'un fabricant français d'aéro-générateurs de forte puissance : Jeumont S.A. (Groupe Framatome). Le programme Eole

2005 a été arrêté de fait en 2000, alors que se mettait en place un nouveau cadre incitatif basé sur les prix d'achat garantis.

Cet écart entre les résultats obtenus par le Danemark, l'Allemagne ou l'Espagne, d'un côté, la Grande-Bretagne et la France, de l'autre, tient en grande partie au choix des enchères concurrentielles qui n'ont pas offert aux investisseurs la stabilité du cadre incitatif que procuraient les prix garantis.

Une nouvelle dynamique en faveur des énergies renouvelables

Le Conseil des ministres de l'Union européenne et le Parlement européen ont adopté le 7 septembre 2001 une directive sur la production d'électricité à partir des sources renouvelables. Son objectif consiste à faire passer la part des EnR dans la consommation de l'Union de 13,9% en 1997 à 22,1% en 2010, tout en tenant compte des capacités inégales des Etats à cet égard. Elle traduit une réelle volonté de re-dynamiser la politique de soutien aux EnR et d'homogénéiser à terme les efforts des Etats membres dans ce domaine.

In fine, les objectifs fixés ne sont qu'indicatifs mais ils n'en restent pas moins ambitieux (cf. Tableau 1). Pour la France, par exemple, ces chiffres se traduisent concrètement par le quadruplement de la part des EnR (hors grande hydraulique, dont les possibilités d'accroissement sont quasi nulles) de 2,2% en 1997 à 8,9% d'ici 2010⁷.

La fixation de ces objectifs oblige à revoir le rôle et l'efficacité des instruments de soutien utilisés. Chaque Etat conserve le droit de mettre en place l'instrument d'incitation de son choix, mais la

Commission aurait une préférence pour l'action par les quantités appuyée sur un marché de certificats verts en raison notamment de sa meilleure compatibilité avec les marchés électriques et des possibilités d'échanges entre pays qu'il offre. Toutefois, le texte ne prévoit pas d'harmonisation des politiques à court terme, la Commission se réservant la possibilité d'en faire la proposition d'ici quatre ans, mais avec une période d'adaptation de sept ans. La mise en place éventuelle d'un tel marché ne serait alors pas effective avant 2012.

La directive incite donc les Etats membres à prendre les mesures nécessaires à la réalisation d'objectifs énergétiques et environnementaux assez ambitieux et à s'interroger sur les moyens à mettre en œuvre pour atteindre ces objectifs de façon efficace (à moindre coût).

Comparaison des instruments d'incitation : enchères concurrentielles versus prix garantis

Les politiques initiales de soutien au développement des énergies renouvelables se classent en deux grandes catégories : les tarifs d'achat garantis (approche par les prix) qui offrent aux producteurs des conditions économiques plus favorables et les appels d'offres (approche par les quantités) qui permettent de mieux maîtriser l'accroissement des capacités et donc les coûts qui y sont associés.

Les termes du débat

Le système des prix d'achat garantis impose aux compagnies d'électricité l'achat de l'électricité d'origine renouvelable produite par les

Tableau 1 : Objectifs indicatifs de production d'E-SER⁸ en 2010

	E-SER 1997	E-SER 2010		E-SER 1997	E-SER 2010
Autriche	72,7%	78,1%	Italie	16,0%	25,0%
Belgique	1,1%	6,0%	Luxembourg	2,1%	5,7%
Danemark	8,7%	29,0%	Pays Bas	3,5%	12,0%
Finlande	24,7%	35,0%	Portugal	38,5%	21,5%
France	15,0%	21,0%	Espagne	19,9%	17,5%
Allemagne	4,5%	12,5%	Suède	49,1%	15,7%
Grèce	8,6%	20,1%	Royaume Uni	1,7%	9,3%
Irlande	3,6%	13,2%	Total UE	13,9%	22,1%

Source : Directive 2001/77/CE du Parlement européen et du Conseil du 27 septembre 2001, JO L 283, p. 33 à 40.

producteurs situés sur leur zone de desserte à un tarif fixe, décidé par les pouvoirs publics et garanti sur une certaine durée (de l'ordre de 15 ans). Le financement du surcoût est couvert par une subvention croisée entre les clients des entreprises régionales ou nationales (Espagne, Italie, Allemagne jusqu'en 2000) ou par le contribuable, ou par un mélange des deux systèmes (Danemark).

Avec les enchères concurrentielles, l'autorité régulatrice définit un marché protégé pour une quantité donnée d'électricité d'origine renouvelable avec obligation d'achat par le réseau local de la production des producteurs sélectionnés. Les enchères concurrentielles étaient utilisées en Angleterre dans le cadre du Non-Fossil Fuel Obligation (NFFO) et en France avec le programme Eole 2005. La concurrence porte sur les prix du kWh proposés par les candidats lors des enchères. Les propositions sont classées par ordre de prix croissants jusqu'à ce que la quantité mise aux enchères soit atteinte. Chaque producteur retenu se voit attribuer le prix d'enchère figurant dans sa proposition dans le cadre d'un contrat de long terme.

Stimulation de la production d'électricité renouvelable

Les deux systèmes présentent des performances radicalement différentes en termes de perspectives de rentabilité, de risque et de coût de transaction. Les tarifs d'achat ont entraîné un développement très soutenu de la filière, en Allemagne, au Danemark et en Espagne, à la fois

sur le plan des capacités installées et sur le plan industriel : ces trois pays représentaient plus de 90% de la capacité additionnelle installée en Europe en 1999 (cf. tableau 2). Les bonnes perspectives de rentabilité des investissements offertes par des niveaux de prix relativement élevés (7 – 9 ceuros/kWh) sont la principale raison de l'efficacité de ce système. Inversement, les niveaux de prix sensiblement plus bas obtenus par les systèmes d'enchères (4 – 5 ceuros/kWh) ont logiquement conduit à des capacités installées très inférieures. D'autre part, la logique du système d'enchères amène à une forte compression des marges et à des taux de rentabilité attendus des projets sensiblement inférieurs à ceux que procurent les prix garantis. La balance entre risques encourus et profits attendus est ainsi clairement en défaveur des enchères concurrentielles et rend ce système moins attractif pour les investisseurs.

Le second facteur qui affecte l'attractivité des systèmes d'enchères est le manque de prévisibilité sur la rentabilité des projets à soumettre. L'irrégularité et surtout la non programmation des appels d'offres ont aussi instauré un climat d'instabilité peu favorable aux opérateurs, contrairement aux systèmes de prix garantis.

Enfin, les coûts de transaction importants nécessités par le mécanisme d'appel d'offres (constitution et suivi du projet, obtention du permis de construire, ...) ont constitué une barrière incontestable au développement des EnR, la taille nécessairement limitée des installations ne permettant pas de les rentabiliser sur la période du contrat.

Tableau 2 : Impact des instruments d'incitation sur la capacité éolienne installée en Europe

Incitations	Pays	Capacité installée en MW (fin 1999)	Capacité additionnelle en MW (en 2000)
Prix d'achat garantis	Allemagne	4445	1668
	Danemark	1742	555
	Espagne	1530	872
	TOTAL	7717	3095
Enchères	Royaume-Uni	356	53
	Irlande	73	45
	France	23	56
	TOTAL	452	154

Source : WindPower Monthly, The Windindicator (<http://www.wpm.co.nz>), mai 2001.

Avantages industriels

Sur le plan industriel, l'impact est également très différent entre les pays ayant instauré des prix garantis et les pays ayant choisi les enchères concurrentielles. L'Allemagne, le Danemark et l'Espagne regroupent en 2000, huit des dix premiers constructeurs mondiaux d'aérogénérateurs. À l'inverse, au Royaume-Uni, l'objectif gouvernemental de développement d'une industrie compétitive n'a pas été atteint. L'ouverture prématurée à la concurrence a produit un effet d'éviction sur les constructeurs britanniques peu expérimentés au profit des industriels danois qui, mieux préparés par un marché intérieur beaucoup plus large, ont fourni la majorité des équipements utilisés par les centrales éoliennes en Grande-Bretagne.

Incitation à la baisse des coûts

L'insuffisante incitation à la baisse des coûts est considérée comme le principal point faible des formules de prix d'achat garantis alors qu'à l'inverse les systèmes d'enchères concurrentielles se sont montrés sur ce plan particulièrement efficaces. Les procédures successives d'appel d'offres dans le cadre du NFFO se sont soldées par une décroissance régulière des prix attribués aux projets retenus. Le prix moyen des propositions, toutes technologies confondues, qui était, dans le cadre du NFFO-3 (1994) de 6,7 ceuro/kWh a atteint 4,2 ceuro/kWh pour le NFFO-5 (1998). Parallèlement, les prix d'achat garantis ont évolué beaucoup moins rapidement en raison principalement de la difficulté politique à afficher un recul du soutien accordé par les pouvoirs publics aux énergies renouvelables.

Cependant, si les systèmes d'enchères concurrentielles créent une plus forte incitation à la baisse des prix des énergies renouvelables, cette observation doit être nuancée. La réduction des prix d'enchères au Royaume-Uni tient à plusieurs facteurs et notamment à l'exploitation de technologies déjà matures (production d'électricité à partir de déchets par exemple) ou pour l'éolien, à la concentration des projets sur des sites particulièrement favorables et à une très forte compression des marges des différents opérateurs, au détriment parfois des études préalables indispensables à l'intégration territoriale des pro-

jets. Le progrès technique a certainement joué un rôle dans la décroissance des prix observée au Royaume-Uni mais on peut aussi se demander si celle-ci n'a pas été alimentée principalement par les gains obtenus au Danemark⁹ et en Allemagne grâce au système des prix garantis qui, en laissant les industriels profiter de la rente offerte par des tarifs d'achat plus élevés, autorise des investissements plus massifs dans la R&D.

Coût global de soutien aux énergies renouvelables

La politique de prix garantis s'est révélée très coûteuse en subventions publiques, contrepartie directe de son impact positif sur la production d'énergie renouvelable. En 1998, les subventions payées par le gouvernement danois représentaient ainsi plus de 100 millions d'euros et il était prévisible que ce montant continue à croître du fait de l'augmentation régulière des capacités, créant un poids de plus en plus important sur le budget de l'État.

Pour les systèmes d'enchères, la possibilité de contrôler le volume des subventions allouées à la production d'électricité renouvelable en procédant par quotas successifs est un avantage important. De plus, le paiement au prix offert (« pay as bid ») limite la rente des producteurs à l'avantage des clients des compagnies d'électricité ou des contribuables. Avec des prix d'achat garantis, une réduction des prix est également envisageable, mais le système est plus rigide sur le plan institutionnel, ce qui empêche de maîtriser sa dynamique en faisant évoluer les prix pour tenir compte du progrès technique.

Aspects politiques et administratifs

Un dernier facteur affecte la faisabilité des projets dans le cadre du système d'enchères. Certains aspects (études d'impact, information et consultation des populations, intégration au site...), en apparence moins essentiels, reçoivent une attention réduite dans la phase d'élaboration des projets. Il en résulte dans certaines régions, au nord de l'Angleterre notamment, de forts mouvements d'opposition. Par comparaison l'acceptabilité des projets est bien meilleure dans les pays qui pratiquent les prix garantis car les meilleures conditions de rentabilité qu'ils offrent permettent

d'éviter la concentration des projets sur les sites les plus performants, ou l'installation de très grandes fermes éoliennes plus difficilement acceptable.

L'issue du débat

Le débat prix garantis versus enchères a contraint les systèmes basés sur les prix à évoluer pour tenir compte notamment des arguments avancés par les partisans d'une pression concurrentielle plus forte entre les producteurs. Les modifications apportées par les gouvernements allemand et français à leur politique de soutien sont révélatrices des aménagements récemment apportés aux tarifs d'achat garantis pour en améliorer l'efficacité.

Suite à l'abandon du Programme Eole 2005, de nouvelles conditions d'achat du kWh éolien par EDF ont été annoncées par le Gouvernement le 6 décembre 2000. Plus attractives, elles correspondent à un soutien financier suffisant qui devrait faciliter la mise en œuvre des projets. Le système incitatif effectivement adopté par la France en juin 2001 montre qu'il est possible de raffiner les modalités d'application des tarifs d'achat garantis pour tenir compte de différents objectifs de politique publique et notamment ici, d'aménagement du territoire et d'incitation au progrès technique.

L'arrêté tarifaire publié à l'automne fixe les conditions d'achat de l'électricité éolienne produite par les installations d'une puissance installée inférieure ou égale à 12 MW. Des contrats de 15 ans sont passés entre les producteurs et EDF. Pour la France continentale¹⁰, le tarif d'achat de l'électricité éolienne est en moyenne de 7 ceuros/kWh pour les quinze prochaines années. Le système de tarification répond aux quatre principes suivants :

- *l'aménagement du territoire*: le tarif augmente à l'inverse de la production de l'installation afin d'assurer une rentabilité acceptable aux producteurs situés sur des sites moins ventés tout en contrôlant les rentes octroyées aux producteurs bénéficiant de vents plus favorables¹¹.
- *l'appui au démarrage de la filière* : les tarifs retranscrits ci-dessus s'appliquent aux 1500 premiers MW éoliens installés qui bénéficieront de conditions tarifaires plus avantageuses (d'envi-

ron 10%). Cette bonification des tarifs pour les premiers investisseurs doit permettre un démarrage plus rapide de la filière.

- *la prise en compte du progrès technique* : les tarifs applicables aux nouveaux projets seront, à partir de 2003, diminués de 3,3% par an pour tenir compte du progrès des technologies.

- *l'évaluation précise du gisement éolien du site* : la production de référence du site permettant de définir les tarifs applicables sur les années 6 à 15 correspond à la moyenne des 5 premières années de production, en éliminant la production annuelle la plus forte et la plus faible. Ce calcul permet d'évaluer au plus près la qualité du gisement dont bénéficie l'installation et donc d'adapter au plus juste le tarif d'achat.

Enfin, la définition des règles de compensation des surcoûts engendrés par les tarifs d'achat garantis a été revue pour ne pas défavoriser certains acteurs dans un marché totalement concurrentiel. De fait, la loi EFL allemande de 1991 faisait supporter uniquement à la compagnie locale (dans la limite de 5% de la quantité d'électricité distribuée) le surcoût de l'achat des kWh renouvelables. Cela pénalisait les compagnies situées dans les zones bien ventées (nord de l'Allemagne) qui voyaient leur position concurrentielle se dégrader du fait de la répercussion des surcoûts sur leurs consommateurs. Les nouvelles politiques allemande et française intègrent cette dimension en faisant reposer également les surcoûts sur tous les consommateurs d'électricité. Pour l'Allemagne, on estime l'augmentation de la facture d'électricité à environ 5,34 euros par an et par abonné et pour la France, le kWh devrait s'élever d'un à deux centimes.

Les marchés de certificats verts

La Directive européenne, qui laisse aux Etats membres le choix des moyens à mettre en œuvre pour réaliser les objectifs de production à l'horizon 2010, a relancé le débat sur les instruments d'incitation en faveur du développement des énergies renouvelables. Le débat classique prix versus quantités, qui s'est soldé par la « victoire » des prix garantis et l'abandon progressif des systèmes d'enchères, est de fait relancé par la perspective d'instaurer des marchés de certificats verts dans

plusieurs pays européens. Ce nouvel instrument qui présente l'avantage de s'intégrer dans un marché électrique libéralisé et de maintenir une certaine pression concurrentielle entre les producteurs suscite cependant encore quelques interrogations concernant son efficacité réelle.

Les apports des certificats verts

Dans un marché de certificats verts, le Gouvernement fixe un objectif (quota) de production ou de consommation d'électricité verte aux compagnies électriques ou aux consommateurs. Les producteurs d'électricité verte, ainsi assurés des débouchés de leur production, reçoivent alors un nombre de certificats verts correspondant à leur production via une équivalence prédéfinie (par exemple 10 MWh = un certificat). Ils vendent ensuite d'un côté leur électricité sur le réseau au prix du marché et de l'autre leurs certificats aux demandeurs (acteurs soumis à l'obligation du Gouvernement). La production est ainsi valorisée de deux manières distinctes, la vente du certificat agissant comme une prime à la production d'électricité verte dans un contexte concurrentiel respecté. Par le biais des certificats verts, les ventes d'énergie renouvelable sont mieux intégrées au marché de l'électricité. Les mécanismes de soutien au développement des renouvelables ne sont plus alors déconnectés de l'évolution des prix de l'électricité, comme c'était le cas avec les enchères concurrentielles ou les prix garantis.

Les certificats verts présentent plusieurs avantages¹² que le retour d'expérience devra confirmer :

- *stimulation du développement des capacités.* Les objectifs de politique environnementale peuvent être facilement poursuivis en organisant une progression régulière de la production avec l'instauration de quotas croissants. En régime de croissance imposée par les quotas, les prix sur le marché seront en principe suffisamment rémunérateurs en raison de la pression exercée par la demande de certificats.
- *incitation à la baisse des coûts.* L'instauration d'un marché de certificats verts présente une incitation « automatique » à la baisse des coûts liée au fait que les producteurs d'électricité renou-

velable seront soumis à une pression concurrentielle permanente par l'existence d'un marché sur lequel ils devront vendre leurs certificats.

La combinaison de ces deux avantages pourrait permettre aux États membres d'atteindre leur objectif de production d'électricité verte à un coût global plus faible (coût / efficacité) qu'avec les tarifs d'achat garantis qui ne peuvent pas retranscrire les évolutions du marché de façon aussi systématique.

Le mécanisme d'échange de certificats verts présente donc des caractéristiques intéressantes telles que le respect des règles de concurrence ou la programmation progressive des quotas de production. Il permettrait de plus d'exploiter en priorité les ressources disponibles à moindre coût et d'atteindre l'objectif global de la façon la plus économique, ce qui présente un certain intérêt à l'échelle européenne.

Les incertitudes encore liées à la mise en place des marchés de certificats verts

L'intérêt a priori des certificats ne doit cependant pas masquer les difficultés que soulève la création d'un marché. Pour fonctionner, un marché de certificats verts nécessite que de nouvelles fonctions soient assurées (certification des producteurs d'électricité renouvelable, enregistrement des échanges, comptabilisation et contrôle avec imposition de pénalités en cas de non-respect des obligations, ...) qui induisent des coûts d'administration importants.

Le risque majeur encouru par le système reste celui de la variabilité du prix du certificat et de ses conséquences négatives sur les investisseurs qui ne peuvent alors anticiper correctement la rentabilité à terme de leurs projets. La création d'un marché à terme avec des contrats longs permettrait de limiter la volatilité des prix des permis et notamment celle liée aux facteurs climatiques. En ce qui concerne les demandeurs de certificats, la possibilité d'emprunts ou celle de mises en réserve constituent d'autres moyens de limiter les variations de prix que pourraient entraîner des limites trop strictes sur la validité des certificats.

Enfin, l'encadrement des prix des certificats par des systèmes de prix-plancher et de prix-plafond est également envisagé pour que les prix des cer-

tificats ne sortent pas de limites acceptables pour les investisseurs et les acheteurs.

Les motivations à l'adoption des certificats verts sont donc nombreuses et expliquent largement l'engouement de certains États membres pour cet instrument. Cependant, tant que les incertitudes concernant notamment le fonctionnement des marchés et la création d'un cadre jugé stable pour les investisseurs n'auront pas été levées, leur efficacité réelle reste à démontrer.

Conclusion

L'avenir des sources d'énergie renouvelables au sein de l'Union européenne s'apprécie aujourd'hui dans des termes nettement plus optimistes que ceux ayant prévalu jusqu'à présent. L'adoption d'une directive présentant la promotion des EnR sous forme d'objectifs chiffrés offre un cadre stimulant aux différents acteurs de ce secteur. Toutefois, il s'agit maintenant de réfléchir aux moyens d'action à mettre en œuvre pour assurer un déploiement équilibré et conséquent de la production d'énergie à partir des renouvelables.

L'analyse des politiques nationales menées jusque récemment semble condamner le recours aux systèmes d'enchères dont les faibles résultats invitent à penser qu'ils ne sont pas appropriés à la promotion de filières technologiques encore immatures. À l'inverse, les tarifs d'achat garantis présentent des performances très intéressantes de ce point de vue puisqu'ils ont permis un déploiement rapide des capacités dans les États membres les ayant adoptés. Cependant, le coût pour la collectivité nécessairement plus important qu'ils impliquent les pénalise certainement à moyen terme, une fois que les filières auront atteint la maturité suffisante pour bénéficier d'un soutien plus efficient via des mécanismes de marché.

Le système de certificats verts peut sembler un mécanisme intéressant de stimulation de la promotion des EnR à l'échelle communautaire parce qu'il présente cette caractéristique essentielle d'allocation optimale des efforts. Il permettrait d'exploiter en priorité les

ressources à moindre coût ce qui limiterait le coût global de réalisation des objectifs européens. Mais il présente également certains inconvénients et notamment il apparaît bien moins adapté que les prix garantis pour soutenir des filières technologiques encore partiellement immatures. Il semble de ce fait plus approprié de le réserver à des filières ayant déjà atteint une certaine rentabilité économique et de continuer à utiliser les prix d'achat garantis avec les technologies émergentes dont la dynamique d'apprentissage doit être soutenue.

Les contraintes sociologiques

Marie-Christine ZELEM¹
Maître de Conférences en sociologie,
CERTOP-CNRS, Toulouse

au développement des énergies renouvelables en France

Comment créer les conditions favorables au développement des EnR et une augmentation de leur part dans l'approvisionnement énergétique en respectant les enjeux du développement durable² et ceux de la compétitivité dans un contexte de marché fortement concurrentiel ? C'est à cette question qu'est confronté l'ensemble de la communauté européenne et la France en particulier. Ces EnR participent au développement économique local et à la création d'activités industrielles. Elles s'accompagnent de créations d'emplois et ne contribuent pas à l'effet de serre³. Pourtant, parsemée d'obstacles, leur diffusion reste balbutiante. Pourquoi l'usage des énergies renouvelables s'est-il développé si lentement en France⁴, alors que les systèmes techniques sont performants ? Trois raisons principales à cela : des énergies renouvelables en panne d'image qui nécessitent un engagement fort pour des avantages relatifs ; la domination de la culture du "tout nucléaire/tout fossile" ; le tout s'expliquant par un mode de gouvernance du système socio-technique qui repose sur une culture centralisatrice contrôlée par les Grandes Écoles.

Les EnR, des énergies qui souffrent d'un déficit d'image

Le contexte économique joue considérablement dans la hiérarchie des préoccupations individuelles et collectives. Des priorités liées aux conditions de vie occupent le devant de la scène d'autant plus facilement que la question des choix énergétiques apparaît comme relevant de

décisions institutionnelles ou d'effets de structure. Cette tendance s'accompagne d'une série de clichés largement entretenus par une culture énergétique dominante : celle des énergies fossiles et de l'énergie nucléaire qui invalide totalement la pertinence des énergies renouvelables. Les EnR sont alors généralement perçues comme de simples énergies d'appoint et caractérisées par un certain nombre de qualificatifs qui les discréditent aux yeux de leurs utilisateurs potentiels.

L'environnement, une question qui reste secondaire, l'énergie, une dimension occultée

Même s'ils sont à prendre avec précaution⁵, tous les sondages le montrent, quelle que soit l'époque, quel que soit le contexte, le Français ordinaire a bien d'autres soucis que celui des problématiques environnementales. En 1989, la dégradation de l'environnement était un sujet peu mobilisateur. Dans la hiérarchie des préoccupations observées, ce thème n'occupe alors que la huitième position. Maladie, chômage, drogue, violence, pauvreté et insécurité apparaissent comme de plus grandes menaces. Éviter le gaspillage des ressources naturelles n'est pas une priorité. *"Davantage mobilisés par les problèmes de société plus directement liés à leur vie personnelle..."*⁶, les Français expriment en fait des préoccupations plus individualistes, axées sur le présent, que collectives, orientées vers l'avenir. En 1996, une enquête de l'INED montre que l'idée même "d'environnement" est polysémique et renvoie à au moins deux grandes conceptions qui s'opposent à partir de trois discriminants principaux : le niveau socioculturel, l'âge et le

contexte de résidence (ville, périphérie et reste du territoire). On observe alors : *“Une perspective domestique qui renvoie au cadre de vie (chez moi, ma maison, les alentours, le voisinage) et une perspective structurée par l'idée d'écologie qui voit l'environnement comme un problème de société, national et planétaire”*⁷. Ainsi, la notion d'environnement est spontanément anthropocentrée (au sens d'environnement immédiat) pour les personnes âgées et les moins diplômés ; alors qu'elle est plus abstraite (les milieux, la Terre) pour les jeunes et les plus diplômés. Curieusement, parmi les dimensions qui structurent la représentation que les Français enquêtés se font de ce qu'est l'environnement, ni l'énergie en général, ni une énergie en particulier ne sont citées. De même, en dehors des sondages BVA relatifs au nucléaire, aucune des grandes enquêtes d'opinion ne traite du rapport aux énergies et de la question des choix et des usages en matière d'énergie.

La dernière publication nationale en date⁸, explore en 1996 une série de facettes constitutives du terme “environnement”, du moins elle détaille les différents niveaux qui participent à la construction d'une définition du terme : les habitudes de consommation, les loisirs, la santé, les perceptions du patrimoine naturel, ... On y apprend que 65% pensent que le progrès technique *“ne sera utilisé que s'il assure un développement durable aux générations futures”* alors que paradoxalement, 58% pensent que la sécurité des personnes sera moins bien assurée. De questions sur l'énergie : une seule série, qui porte sur le nucléaire et qui nous apprend que seulement 33% des personnes interrogées pensent que la France pourrait se passer de recourir au nucléaire pour produire de l'électricité.

Un sondage réalisé en 1995 en Midi-Pyrénées⁹ révèle par ailleurs que lorsqu'on parle d'énergie, 76% des gens évoquent spontanément l'énergie nucléaire. Près de 38% se déclarent suffisamment informés sur les questions d'énergie, 33% estiment qu'ils ne peuvent rien faire et 27% ne disposent pas de temps pour s'informer. Ce sondage est certes régional, mais construit à partir d'un échantillon représentatif de la population, il reste tout à fait exemplaire des représentations courantes.

De la même façon, en montrant que les consommateurs prêtent peu d'attention aux consommations énergétiques de leurs appareils électroménagers, une enquête réalisée en 1999 a bien confirmé que l'électricité reste une entité virtuelle et que sa facilité d'accès, le confort de son usage viennent parasiter toute logique économique et environnementale¹⁰, et occulter considérablement l'intérêt que des modes de production alternatifs d'électricité peuvent présenter.

Le dernier sondage BVA *“Les Français et le nucléaire”* réalisé en 1998¹¹, confirme les résultats constatés ailleurs : comparées au nucléaire (et uniquement dans ce cas là), les énergies renouvelables sont considérées comme les énergies les moins nuisibles pour l'environnement (pour 64% des personnes interrogées), à développer en priorité (61% des personnes enquêtées), mais *“elles profitent très modérément de la confiance en partie perdue dans l'avenir de l'énergie nucléaire”*¹².

En fait, la question des énergies renouvelables semble bien connue dans un univers de gens qui militent dans le milieu environnemental et chez les spécialistes de la question, ainsi que dans leur environnement proche, toutes variables socio-démographiques confondues. Par contre, en dehors de cette minorité formée et informée, un niveau socioculturel élevé et une forte proximité vis-à-vis des problématiques environnementales sont nécessaires pour construire une opinion favorable aux énergies renouvelables.

Des enquêtes relatives aux caractéristiques sociologiques des “adeptes” des EnR font cruellement défaut. Elles permettraient pourtant d'identifier le profil de ceux qui peuvent être considérés comme de bons prescripteurs en ce domaine.

Énergie ? Électricité ? Une confusion générale en matière de vocabulaire

Énergie renouvelable, énergie fossile sont des expressions trop abstraites, qui fonctionnent comme celle de développement durable. Elles n'évoquent pas grand chose dans l'opinion publique, c'est à dire celle qui consomme et qui s'équipe, celle qui constitue la demande. Un exemple tout simple emprunté à un sondage réa-

lisé en 1995 : près de 30% des personnes interrogées pensent que l'énergie nucléaire est une énergie renouvelable¹³...

Énergie renvoie spontanément à des expressions qui relèvent de la chaleur et du confort, c'est-à-dire aux résultats produits lorsqu'on utilise telle ou telle énergie. Énergie renvoie plus rarement à ce qui permet de faire fonctionner des appareils qui produisent cette chaleur et ce confort. En fait, le Français ordinaire¹⁴ distingue mal les diverses sources d'énergie. Et s'il se préoccupe de les comparer c'est uniquement sur la base du coût d'achat de l'électricité produite. Lorsqu'il est en mesure d'opérer un choix, il fera jouer un autre paramètre qui est celui du budget d'installation du système technique qui lui permettra de se chauffer, de se laver, de s'éclairer... Les énergies fossiles et nucléaires sont considérées comme abondantes et perçues comme ressources infinies. Le Français ordinaire ne peut guère imaginer qu'elles puissent être épuisables ou qu'elles sont dommageables à l'environnement.

Par ailleurs, qu'il s'agisse du particulier ou du décideur à l'échelon local, d'un point de vue symbolique, il ne peut exister qu'un seul mode de production d'électricité, celui du nucléaire ou à la rigueur celui des grands barrages hydro-électriques. De même, il n'existe finalement qu'un seul producteur d'électricité : EDF.

De ce point de vue, l'électricité produite par le réseau EDF est perçue comme une forme d'énergie domestiquée, canalisée, contrôlée¹⁵. Elle ne présente pas de risque. Elle paraît propre et s'accompagne d'un service plutôt efficace, relayé par un système promotionnel nettement disproportionné par rapport à celui dont peuvent disposer les EnR. Qui plus est, tout fonctionne au courant électrique : des appareils électroménagers aux appareils vidéo ou de chauffage de la sphère domestique, à l'éclairage public. L'électricité fournie par EDF est discrète (quelques fils, un compteur, aucune autre installation (capteur, panneau) à prévoir), silencieuse et facile d'usage (appuyer sur un interrupteur, brancher ou débrancher, aucun souci d'entretien). Un simple coup de fil et un abonnement suffisent. À moins de pouvoir disposer de devis comparatifs, diffi-

cile d'envisager un autre mode de production d'énergie dans ces conditions, notamment en matière de chauffage.

Le "tout électrique", notamment pour les systèmes de chauffage, tend à aller d'autant plus de soi en France, qu'il est quasiment impossible de connaître les consommations unitaires des différents postes de consommation. Seule une facture globale, qui plus est bi-annuelle, donne une indication du coût total des consommations domestiques cumulées¹⁶. De même, il n'est guère possible d'évaluer le coût relatif de telle ou telle énergie vis-à-vis d'un même service. D'ailleurs, peu font le lien entre "l'énergie" (le pétrole, le nucléaire...) et le service correspondant (se chauffer, s'éclairer, se déplacer...) .

Des représentations fondées sur des savoirs ordinaires et des préjugés

Le soleil, le vent, la géothermie, le bois... représentent des énergies mobilisables grâce à des systèmes qui ont fait l'objet de progrès techniques qui leur confèrent aujourd'hui fiabilité et performance. Ce sont des technologies qui ont fait leur preuve et qui pourtant n'arrivent pas à convaincre.

- Première raison à cela : mise à part peut-être celle du bois, ces technologies restent marginales, et comme tout objet marginal, elles ne seront largement adoptées que lorsqu'un mouvement général d'équipement verra le jour. Elles respectent en cela le principe du paradigme épidémiologique¹⁷ qui prévaut dans la diffusion des innovations : pour qu'une innovation (du moins quelque chose perçu comme tel) se développe, il faut un certain nombre de pionniers qui montrent l'exemple et un certain nombre de preuves que les avantages apportés compensent les désagréments du changement. Il faut ensuite que l'innovation ou la technique concernée soit facile à comprendre et utiliser et qu'elle ne présente aucun risque (technique, social, financier...). Dans la phase de persuasion, il faut probablement ajouter le jeu d'un instrument incitatif (défiscalisation, prime, subvention...) et faire intervenir un "prescripteur médiatique ou de proximité" qui se fasse le porte parole des avantages du système concerné (une figure emblématique qui porte ces technolo-

gies)¹⁸. Enfin, comme toute nouveauté, il est nécessaire de lui conférer une vraie légitimité.

- Deuxième raison à cela, une question d'image paradoxale : les EnR sont des énergies anciennes, largement éprouvées mais qui, remises au goût du jour, revêtent un caractère de modernité qui, dans la plupart des cas, incite à l'abstention.

Les EnR sont des énergies très anciennes, qui peuvent être perçues comme trop archaïques. Ainsi en est-il du chauffage au bois¹⁹, mode de chauffage considéré comme vieillot qui rappelle une énergie du passé, dépassée. Tout le monde a en mémoire des souvenirs de grands parents ou de voisins paysans qui se chauffaient au bois. Beaucoup se souviennent de ces cheminées qui fumaient ou de ces poêles à bois rustiques, de ces murs salis par la fumée, du bois qu'il fallait parfois couper, transporter et stocker, de ces manipulations régulières pour ré-approvisionner le foyer. Quelques-uns ont en tête la peur du feu. Ces représentations négatives perdurent²⁰ et rendent suspecte la modernisation des technologies de production de chaleur par le bois²¹.

Inversement, ayant fait l'objet de quelques avancées technologiques, les modes d'utilisation de ces énergies traditionnelles peuvent être considérés comme trop novateurs ou trop ambitieux. Tel est le cas des éoliennes²². Leurs détracteurs alimentent un certain nombre de clichés : placées sur des points hauts, elles sont d'abord perçues comme gigantesques et inesthétiques d'un point de vue paysager. Ensuite, on leur prête l'inconvénient de générer des pollutions sonores et de porter atteinte à l'avifaune. Enfin, elles donnent l'impression de nécessiter un projet colossal qui requiert des compétences techniques et scientifiques hors de portée ; ce qui ne peut pas concerner les particuliers. Dans plusieurs projets éoliens, l'opposition émane de mouvements sociaux très localisés qui pour certains portent un programme de gestion de l'espace local (charte paysagère en cours d'élaboration dans le Minervois par exemple) qu'ils qualifient d'incompatible avec un projet d'installation d'éoliennes alors disqualifié. Le conflit, lorsqu'il voit le jour, relève davantage d'une mise en concurrence de deux projets sur un même espace convoité que

d'un rejet proprement dit de l'éolien ; sauf que les argumentaires avancés par les "opposants" mettent uniquement en avant une série de slogans²³ du type : *"saccage du pays", "pertes d'emploi", "pollution sonore", "pollution visuelle", "construction de pylônes pour évacuer l'énergie", "perturbations lumineuses et radiophoniques", "baisse des valeurs immobilières", "banalisation de la flore", "fuite de la faune", "développement des feux de forêt par sur-fréquentation des sites", "l'éolien va faire grimper le prix de l'électricité"...*

Des énergies en quête de notoriété

En fait, ces énergies renouvelables que d'aucuns nomment "énergies nouvelles"²⁴ manquent de notoriété. On ne les enseigne pas dans le cadre scolaire ; la presse en parle peu ou alors dans des termes qui ne leur sont pas très favorables ; le grand public, tout comme la majorité des décideurs locaux d'ailleurs, ne disposent d'aucun élément de comparaison ; les ingénieurs eux-mêmes abordent la question des EnR de manière quasi anecdotique dans leur formation ; lorsqu'ils sont sollicités, les installateurs ont de grandes difficultés à apporter la bonne information ; qui plus est, personne ne sait vraiment où s'adresser pour "voir comment ça marche"... autant de paramètres peu propices à une diffusion et qui expliquent que les EnR soient qualifiées d'énergies expérimentales (au sens où elles doivent faire leurs preuves). Or, dans l'incertitude je m'abstiens²⁵ ou je m'en remets aux opérateurs traditionnels.

Les contraintes structurelles et institutionnelles à la diffusion des EnR

Outre la question cruciale des représentations associées aux énergies, une des difficultés rencontrées par les EnR réside dans l'absence de filière organisée et identifiée ou de guichet commun qui permettraient leur développement de manière plus efficace. L'autre difficulté est de deux ordres : adopter une EnR se heurte à la structure des actions possibles d'une part et à l'univers des choix possibles d'autre part (le cadre socio-cognitif en somme). Dans ce contexte, les ressources²⁶ à mobiliser paraissent démesurées par rapport aux résultats escomptés.

Les ENR, des coûts concentrés pour des bénéfices diffus

Pour le particulier comme pour le décideur public, adopter une EnR s'apparente à un véritable "parcours du combattant". Il faut fournir des efforts considérables de toutes sortes : des efforts en savoir (connaissances scientifiques, savoirs techniques, lectures, prendre des conseils auprès de techniciens avertis...), des efforts pour convaincre, des efforts en relationnel et réseau (contacter les associations, rencontrer des utilisateurs de l'énergie convoitée, assister à des réunions informelles...), des efforts en démarches et en paperasses (réunir les papiers et autorisations nécessaires, fournir tel ou tel plan, faire un plan de financement, monter un dossier de subvention, trouver l'installateur...), des efforts financiers (les ENR coûtent finalement plus cher que les solutions techniques plus classiques ...). À ces efforts, il convient d'ajouter celui qui consiste en la prise de risque social d'affronter ses voisins ou ses électeurs pour avoir adopté une source d'énergie peu commune (même si d'un autre côté, ce choix énergétique se veut marqueur identitaire positif par ailleurs)²⁷. Or ces efforts sont finalement assez mal "récompensés" : les aides, subventions et autres primes, sont souvent symboliques, les économies financières et économies d'énergie tardives et les effets sur l'environnement négligeables à l'échelle individuelle ou d'une commune et tout à fait imperceptibles à court terme.

Prenons l'exemple de la mise en place d'un projet collectif comme celui de la codigestion. Dans l'absolu, ce procédé permet de résoudre un problème de déchets, de nuisances et d'environnement tout en produisant une énergie renouvelable et des fertilisants organiques (on recycle des ressources naturelles qui permettent d'économiser des ressources fossiles et des engrais chimiques en améliorant les sols...). Dans la pratique, la dynamique est compliquée puisqu'elle engage dans la négociation la collectivité, le groupement d'agriculteurs, la Chambre d'Agriculture, la DDAF, les industries agrochimiques, l'ADEME, la Région, l'Agence de l'Eau, le MATE, le Secrétariat à l'Industrie... S'y ajoutent les problèmes de tri des déchets à l'amont, la question des boues de station d'épuration, la

difficulté d'homologation du compost... L'intérêt collectif de long terme est évident ; mais l'intérêt particulier reste faible en regard de l'effort à supporter.

On retrouve là une problématique transversale aux questions environnementales dont le traitement présente la particularité d'engager des coûts concentrés pour engendrer des bénéfices diffus²⁸. Avantages et coûts sont envisagés dans un sens large, comme résultats d'une évaluation globale par les individus concernés. Il peut donc s'agir tout autant d'utilités sociales générales qui présentent les caractéristiques des biens collectifs que d'avantages très concrets et immédiats ayant la particularité d'être incertains et à faible visibilité sociale. De même, les coûts s'ils sont individualisés, peuvent être relativement symboliques mais socialement insupportables. Tout est question d'équilibre.

Le choix d'une source d'énergie s'inscrit dans un cadre social et cognitif peu propice

Le choix d'opter pour telle ou telle source d'énergie concorde souvent avec une rupture dans le cycle de vie (changement de domicile, accession à la propriété...), mais les modalités et le contexte dans lesquels se réalise cette rupture conditionnent l'opportunité de choisir telle source d'énergie plutôt que telle autre : les logements locatifs ou collectifs excluent toute possibilité de modifier l'installation de chauffage par exemple. De même, lorsque la personne est en situation de changement, elle reste contrainte à la fois par le budget dont elle dispose et par ses propres cadres cognitifs (ce qu'elle sait sur les énergies, ce qu'elle en attend, sa capacité à comparer et à arbitrer).

A cela il faut ajouter le jeu des modes de transmission intergénérationnelle (des voitures, des maisons, des appareils électro-domestiques...) qui freinent non seulement les opportunités de renouveler ces objets techniques et celles de changer de lieu d'habitation, mais qui retardent toute velléité de s'équiper autrement (s'équiper en chauffe-eau solaire, adopter un système de géothermie...). Cette problématique du "clef en mains" ne favorise pas la réflexion sur les choix envisageables en matière de sources d'énergie.

Enfin, les professionnels du bâtiment et les installateurs n'ont ni le réflexe, ni la motivation à proposer des sources d'énergies alternatives, ce qui ajoute un obstacle structurel supplémentaire qui explique en grande partie l'ensemble de ces situations de non choix.

L'énergie n'est pas la préoccupation de ceux qui disposent de la ressource

On entend régulièrement des professionnels de l'assainissement dire que *"la méthanisation, c'est réservé aux petites stations d'épuration urbaines"*, ou bien que *"la digestion anaérobie, c'est marginal"*, alors qu'en France, 30 % des boues sont traitées par méthanisation. et que 85 % des boues de la région parisienne sont méthanisées par la station de Seine Aval (6.5 millions d'habitants) qui reste aujourd'hui une des plus grandes unités de digestion du monde. De même, les industries forestières raisonnent principalement bois d'œuvre ou bois d'industrie ; considérant le bois énergie comme un sous produit. En fait, ceux qui disposent de la ressource ne sont pas nécessairement ceux qui en disposent pour des applications énergie. Or, la spécificité des EnR est d'utiliser une ressource (sous-produits biomasse, vent, soleil, eau des rivières...) qui n'est pas dédiée a priori à la production d'énergie (comme le sont le pétrole ou le charbon). Même si le soleil, l'eau, le bois... sont des biens communs, ils restent culturellement et matériellement parlant hors d'usage.

Ce phénomène est accentué du fait qu'on retrouve, chez les professionnels ou les décideurs à l'échelon local ou national, le problème de l'influence des représentations négatives dans la manière de concevoir l'intérêt à porter aux EnR.

Entre le marché et le consommateur : des médiateurs hors jeu

De manière générale, l'information concernant ces énergies est insuffisante (peu compréhensible, pas attractive, pas claire, peu accessible...). Qui plus est elle, compte tenu de la faiblesse des financements affectés aux énergies renouvelables par l'État français en comparaison des aides publiques massivement accordées au nucléaire et aux énergies fossiles, cette information est peu fréquente. Les EnR souffrent de

ne pas être portées par un Groupe qui ferait le contrepoids vis-à-vis de TOTAL-FINA-ELF ou d'EDF par exemple. Ce défaut de moyens explique que l'information n'est pas assez relayée par les institutions (ADEME, Ministères), les associations, les médias (presse...) et les autres médiateurs (installateurs, vendeurs...).

Quand l'information est relayée dans la presse "grand public", c'est souvent en des termes minorants, dévalorisants, mettant en avant les problèmes posés au détriment des avantages. D'un point de vue sémantique, c'est une catastrophe : *"les obstacles à l'énergie éolienne sont problématiques"*, *"En théorie, c'est l'idéal, .. or force est de constater qu'on est loin du compte"*, *"Non polluante... mais des difficultés subsistent"*, *"Son utilisation permettrait ... Deux problèmes subsistent cependant"*²⁹. Les lecteurs de ce type de propos gardent à l'esprit qu'il vaut mieux attendre avant de changer de source d'énergie³⁰.

Cela est d'autant plus vrai lorsqu'on sait qu'une information qui n'est pas confirmée par les scientifiques (parole qui crédibilise) n'est alors pas avérée. Si toutefois on reste convaincu de l'efficacité des énergies renouvelables, reste à dénicher les professionnels spécialisés. Or, peu nombreux en ce domaine, ils manquent totalement de visibilité. Et les professionnels généralistes qui proposent des devis comparatifs semblent rares.

Des politiques publiques en matière d'EnR peu volontaristes

Energie fossile, énergie nucléaire, une culture dominante

Dans l'esprit de tout un chacun mais aussi et surtout dans l'esprit des professionnels et des élus qui sont conduits à participer aux choix politiques en matière d'énergie, les questions d'environnement et qui plus est les questions d'énergie ont été longtemps relativement secondarisées.

Des choix énergétiques tournés presque exclusivement vers le nucléaire et les énergies fossiles ainsi que l'empire dont bénéficient EDF et les grands groupes comme TOTAL-FINA-ELF ont profondément marqué les mentalités des Français. Le système d'enseignement et de formation dominant véhicule un savoir qui accor-

de une place marginale aux solutions techniques alternatives. Les sciences de l'ingénieur semblent ne connaître que les solutions "classiques". La production d'électricité via le nucléaire va alors de soi. C'est un fait culturel, parfaitement intégré et qui fonctionne comme un préalable inévitable.

Une politique de l'énergie de type "top-down"

La mise en œuvre des politiques énergétiques se réalise en France selon une séquence linéaire de manière descendante, "*le passage de la centralité vers la périphérie se traduit (alors) par la transformation des objectifs en moyens, par la substitution de la technique à la politique, par la disparition des enjeux conflictuels au profit de rationalités gestionnaires*"³¹.

• En France, la politique énergétique se décrète sans véritable alternative

Les choix en matière d'énergie s'opèrent donc d'autorité ; la consultation du milieu environnemental ou associatif se réalisant a posteriori et d'une façon purement consultative sans réelle concertation préalable. Les Schémas de Services Collectifs de l'Énergie en sont de bons exemples : il s'agit de schémas standardisés desquels l'approche territoriale est absente et dans lesquels ne figure aucune prospective. Dans un souci de large consultation, des "experts" extérieurs au milieu des Grandes Écoles ont bien été consultés, mais leurs observations ont été retenues à la marge.

• La parole des usagers reste généralement confisquée

En France, peu de place est accordée à la parole citoyenne. Il existe pourtant de nombreux exemples (rarement mis en avant d'ailleurs) d'actions efficaces conduites par des associations. Prenons le cas de l'ASDER, association savoyarde qui a réussi à convaincre les élus de l'intelligence qu'il y aurait à confronter les solutions énergétiques classiques aux solutions techniques plus alternatives telles les EnR³². Aujourd'hui, le département de la Savoie ne subventionne plus les projets qui ne proposent pas d'étude comparée des solutions énergé-

tiques envisageables. Ce département est alors devenu celui qui possède le plus grand nombre de bâtiments publics solaires. Cet exemple montre deux choses : d'une part les EnR ont besoin d'un relais local associatif pour convaincre les élus ; d'autre part, en l'absence d'une véritable politique nationale, une politique locale volontariste est déterminante pour leur diffusion.

La "culture énergie" reste aux mains d'une technocratie³³

En France, l'environnement est à la fois le cadre d'intervention de toutes les politiques publiques, mais il est aussi un secteur parmi d'autres au sein des diverses sphères décisionnelles. La politique énergétique, politique environnementale par excellence, apparaît comme transversale, mais, quel que soit l'échelon de décision considéré (national, régional, ou départemental), elle reste l'affaire de plusieurs instances de décision³⁴ qui n'accordent pas toute le même intérêt aux EnR, ne se coordonnent pas nécessairement et qui font des choix souvent contradictoires.

L'énergie relève de l'expertise, de la science de l'ingénieur. C'est un domaine propre à une magistrature technique³⁵ que certains nomment communément la technocratie. Or, les choix en matière d'énergie reposent essentiellement sur le monopole qu'exerce cette technocratie qui s'incarne à travers les Grands Corps de l'État ; technocratie qui s'appuie sur une élite. Ce sont ses choix techniques qui s'imposent et conditionnent les orientations en matière d'énergie. En France, ces choix reposent sur une culture de production d'électricité très centralisée. Cela se vérifie aisément du fait que presque tous les budgets de recherche sont absorbés par le nucléaire ce qui se traduit par de faibles avancées technologiques dans les énergies renouvelables. Cela se retrouve également dans le discours technique dominant qui reste largement défavorable aux EnR : "*ce ne sont que des énergies d'appoint*", "*elles manquent de fiabilité (nécessité du vent, du soleil, d'un approvisionnement continu en bois...)*", "*rien ne peut remplacer le nucléaire*"... Plus concrètement, cette "culture énergie centralisée" se retrouve dans le poids accordé à EDF dans la gestion du réseau.

Ainsi, les débouchés de l'énergie produite par les installations de type EnR étaient jusque là quasi inexistantes ; les conditions techniques et financières du raccordement au réseau électrique étant étudiées de façon qu'il soit difficile ou peu intéressant de vendre l'électricité à EDF³⁶.

*"L'exception nucléaire française" tire une grande partie de sa légitimité de la présence forte du corps des Mines dans le trio initiateur, dans les années soixante, de la politique en ce domaine : l'armée, le CEA et le ministère de l'Industrie. Ce trio tend aujourd'hui à devenir un quatuor avec l'entrée en force depuis vingt ans du partenaire pour le nucléaire civil, EDF. Mais à tous niveaux, militaire et civil, recherche et application industrielle, conception, gestion et surveillance, le corps des Mines est omniprésent, cumulant des pouvoirs essentiels sans contrepoids véritable, ni scientifique, ni technique et surtout pas politique"*³⁷.

Cela explique largement que la rationalité technique prônée par l'État français l'emporte sur la rationalité plus écologique dont se prévalent les supporters des EnR ; ce qui se retrouve dans le fait que le calcul du coût des énergies fossiles ou nucléaires s'arrête à leur consommation et ne tient pas compte des externalités qu'elles produisent (pollution atmosphérique, impacts sanitaires, effet de serre, déchets durables...). Les ingénieurs des Mines notamment, se sont en fait appropriés les enjeux énergétiques à la mesure d'une logique corporative au point qu'ils se sont arrogés tous les droits en matière de choix énergétiques qu'ils conditionnent à leur stricte culture énergétique.

Grâce au contexte européen, on peut aujourd'hui escompter un léger basculement des tendances décrites ci-dessus. La loi n° 2000-108 du 10 février 2000 *"relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité"* qui permet d'envisager notamment une séparation entre les activités de production, de transport et de distribution de l'électricité, ainsi que l'arrêté du 8 juin 2001 relatif au prix de rachat de l'électricité d'origine renouvelable laissent présager une politique un peu plus volontariste. Les problèmes n'étant pas d'ordre technique, reste à résoudre la question de la construction d'une culture "énergies renouvelables" et celle de la normalisation des modes de production de

l'électricité, sachant que la structure décisionnelle restera aux mains d'une technocratie qui continue d'exercer son emprise à différents niveaux de la sphère décisionnelle : *"de l'appareil d'État vers les sommets politiques de l'État, de ceux-ci vers la vie économique et vers le tissu social, du centre vers la périphérie"*³⁸.

Le développement durable

Yves Marignac

au service de nouvelles industries pour le Nord ?

Une lecture critique du rapport parlementaire sur les énergies renouvelables

Signe des temps ? L'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST), qui en 15 années d'existence a consacré une bonne vingtaine de rapports à une promotion raisonnée du nucléaire, diversifie aujourd'hui sa réflexion sur l'énergie : après un rapport consacré aux piles à combustible paru en août 2001, il a publié en décembre un rapport attendu sur « *l'état actuel et les perspectives techniques des énergies renouvelables* »¹.

Ses deux auteurs, Jean-Yves Le Déaut² et Claude Birraux³, ouvrent leur propos sur le constat que « *les énergies renouvelables connaissent depuis le milieu des années 1990 une vogue qui semble se renforcer d'année en année* ». Dès lors, pourquoi n'ont-ils pas abordé ce sujet plus tôt ? On sait ces deux spécialistes attachés au choix énergétique français du tout nucléaire ; le pas qu'ils franchissent n'en est que plus important. Leur rapport, qui semble être le premier document d'étude consacré par le Parlement français à la question, n'est-il que le reflet d'une mode ou bien traduit-il une inflexion véritable ?

Le document final présente, en quelques 275 pages⁴, une tentative ambitieuse de synthèse, par un groupe d'experts, des données techniques et économiques pertinentes pour l'évaluation des potentiels et des priorités dans le secteur des énergies renouvelables. Mais au-delà de cette analyse, l'intérêt du rapport réside également dans le message politique, explicite

ou implicite, qu'il délivre : dans quelles directions et pourquoi faut-il développer les énergies renouvelables en France ?

Ce message s'articule autour de trois questions, qui constituent autant de chapitres :

- le premier s'attache à fixer des **objectifs** globaux sur la place des énergies renouvelables. Il s'agit d'établir « *les caractéristiques intrinsèques* » des énergies renouvelables et leur « *domaine d'application* », c'est-à-dire identifier les types d'usages adaptés à ces filières, pour savoir « *jusqu'où on peut en préconiser l'utilisation* » ;
- le deuxième cherche, dans la continuité de ce constat, à définir des **priorités** parmi les filières en identifiant au sein « *de leur diversité et de la multiplicité d'applications possibles* » les secteurs à « *privilégier* » en France pour une contribution optimale « *au bilan énergétique et au développement industriel* » ;

- le dernier, enfin, vise à préciser les **moyens** en détaillant la politique à mener dans le pays sur la base des actions passées et « *des problèmes à résoudre aux plans de la recherche et du développement industriel* ».

La lecture critique du rapport proposée ci-dessus se décompose en deux parties. L'une est consacrée aux objectifs globaux et aux enjeux sous-jacents à leur définition. L'autre regroupe l'analyse des propositions du rapport sur la situation française, en termes de priorités comme de moyens.

Les objectifs globaux du développement des énergies renouvelables

Une vision très peu ouverte au Sud

Les auteurs proposent en préliminaire à la question de la place des énergies renouvelables une vision très simple, pour ne pas dire simpliste, de leur histoire : énergies naturelles utilisées par l'humanité depuis ses origines, elles ont été « remplacées » par les énergies fossiles puis fissiles avec la révolution industrielle. Elles connaissent aujourd'hui « un regain d'intérêt notable », avec pour leurs plus fervents défenseurs l'espoir de les « substituer » à leur tour aux énergies fossiles et fissiles, « dont l'épuisement semble proche et dont les inconvénients environnementaux sont immédiats en termes d'émissions de gaz à effet de serre et de déchets radioactifs ».

La contribution des énergies renouvelables se pose dès lors en termes de limites technico-économiques à cette substitution. Ainsi, fort logiquement, les auteurs commencent par dresser la typologie des énergies renouvelables « selon leur degré de maturité technique », distinguant trois catégories⁵ :

- les filières « matures », dont les technologies sont maîtrisées dans des conditions industrielles, soit la micro et mini-électricité et l'incinération des ordures ménagères ;
- les filières « en développement », pour lesquelles des améliorations techniques sont attendues et des gains économiques nécessaires. Elles regroupent l'éolien, le biogaz, le solaire thermique, le bois combustible et la géothermie basse température ;
- enfin, les filières « en devenir », dont les technologies sont insuffisamment maîtrisées et/ou très onéreuses. Sont rangées dans cette catégorie l'éolien offshore, le solaire photovoltaïque, l'énergie houlomotrice, la géothermie haute température et la filière hydrogène⁶.

Outre que cette classification est critiquable y compris dans le contexte des pays développés – des projets industriels de fermes éoliennes offshore, par exemple, sont déjà réalisés –, elle témoigne surtout, comme la lecture historique exposée ci-dessus, d'une vision totalement centrée sur les situations du Nord.

Une présentation tronquée des spécificités des énergies renouvelables...

Ce biais est également perceptible dans l'analyse plus détaillée des caractéristiques des énergies renouvelables, dont les auteurs ne retiennent que trois aspects essentiels, présentés comme des facteurs limitants : l'intermittence de la production, l'inadaptation à des productions centralisées, et l'importance du contexte local.

Ainsi, les rapporteurs avancent que « les sources d'énergies renouvelables présentent souvent une caractéristique commune, à savoir la variabilité, souvent non prévisible, de leur production ». Or, cette intermittence n'est réellement caractéristique que des productions éoliennes et solaires, qui seules sont examinées dans cette partie ; de plus, elle concerne davantage les usages électriques que les usages thermiques, la chaleur étant plus facile à stocker que l'électricité (au moins à court terme) – ce qui permet de lisser la consommation à partir d'une production irrégulière.

La discussion sur l'adaptation des énergies renouvelables à la production décentralisée – réduite à une question de puissance des installations disponibles – n'est abordée qu'à travers les exemples de l'éolien et du solaire, bien que le rapport signale qu'il existe « une gradation entre les différentes filières ». De même, l'affirmation du lien entre énergie renouvelable et ressources locales n'est illustrée que par l'importance des cartes de vent et d'ensoleillement pour l'implantation d'éoliennes et de capteurs solaires.

Au final, le rapport procède par amalgame pour n'examiner, en fait de caractéristiques des énergies renouvelables, que les spécificités des plus médiatiques d'entre elles aujourd'hui, c'est-à-dire le solaire et l'éolien, et ce dans un contexte d'usage européen. De plus, seules les limites induites par ces spécificités sont clairement évoquées : ainsi, leur adaptabilité à la demande, leur capacité à alimenter des points non raccordés à un réseau, ou leur apport pour l'indépendance énergétique locale ne sont pas mis en avant. Plus généralement, les caractéristiques positives de ces deux filières, et a fortiori d'autres, dans les contextes offerts par les pays en voie de développement ne sont pas discutées.

...destinée à préserver les filières existantes

Les auteurs, au terme de cet examen des spécificités des énergies renouvelables, livrent dans une phrase clé l'explication de leur parti pris : *« faire des énergies renouvelables une arme pour déqualifier telle ou telle autre source d'énergie, comme par exemple l'énergie nucléaire, n'a donc pas de justification au plan technique »*.

Il ne s'agissait que de mettre en évidence les raisons qui font que *« les centrales thermiques classiques ou nucléaires ne sauraient donc être remplacées par des fermes éoliennes »*. Ainsi, les énergies renouvelables et les énergies fossiles et fissiles ne sauraient aux yeux des rapporteurs être réellement concurrentes, mais au contraire complémentaires : *« les opposer n'a aucun sens »*. Il n'est donc plus question, contrairement à la proposition initiale, de substitution inverse des énergies renouvelables aux énergies fossiles et fissiles, mais d'une simple superposition...

L'accès à l'énergie au Sud comme alibi...

Cette problématique n'a guère de sens au Sud. À plusieurs reprises, l'accent est mis dans le rapport sur la priorité que constitue, au plan mondial, *« la question essentielle de l'accession à l'énergie des pays en développement »* à laquelle les auteurs associent systématiquement *« la contrainte de la lutte contre l'effet de serre »*.

Ils n'ont pas grand peine à montrer, sur la base des principaux scénarios énergétiques mondiaux⁷, que les énergies renouvelables sont un élément de réponse à ce double défi. On ne trouve cependant pas trace d'une interrogation sur le fond de la notion de développement, au contraire : les énergies renouvelables ne peuvent *« assurer l'approvisionnement en énergies des grandes métropoles du monde en émergence ou en développement »*, mais elles sont *« d'une utilité capitale pour permettre l'accession à l'énergie des populations rurales du monde en développement »*, car *« les besoins de ces populations sont de faible ampleur »*.

Tout en affirmant le caractère fondamental du développement des énergies renouvelables au Sud, le rapport ne leur accorde en fait qu'un rôle d'appoint : celui d'empêcher *« l'exode rural et la formation d'agglomérations géantes, un fléau*

qui obère souvent toute possibilité de développement ». En revanche, celles-ci ne peuvent se développer dans les zones urbanisées, où les *« configurations techniques et financières »* sont très voisines de celles des pays industrialisés. Partout, la libéralisation donne globalement l'avantage aux technologies classiques. Ainsi, conclut le rapport, une contribution des renouvelables à hauteur d'un tiers de la consommation d'énergie primaire est *« la limite supérieure à laquelle conduisent les mécanismes de marché »*.

...pour le développement de nouvelles activités au Nord

Dès lors, la question est réglée. Sans aborder les véritables enjeux d'une croissance raisonnée au Nord, ou d'un développement réel et durable au Sud, les auteurs cantonnent dans les deux cas, pour des raisons somme toute similaires, les renouvelables à un rôle d'appoint. Si bien que, sans remettre fondamentalement en cause les activités industrielles actuelles dans les filières classiques, cette diffusion restreinte représente quand même, en France, en Europe et dans le monde *« une nouvelle gamme de créneaux industriels »*, de nouveaux marchés intéressants et attractifs.

L'enjeu devient plus clair : les énergies renouvelables constituent pour les industries du Nord *« un secteur de haute technologie dont les perspectives d'exportation sont brillantes »*, et la France doit au plus vite se placer dans cette course économique – où elle a pris un mauvais départ.

Les priorités pour le développement des énergies renouvelables en France Trois exemples à suivre en Europe ?

Les auteurs illustrent en creux ce retard français, en décrivant la situation de trois pays européens : l'Allemagne, le Danemark et le Royaume-Uni.

Le premier est le plus emblématique : pour J.-Y. Le Déaut et C. Birraux, le virage pris par l'Allemagne avec la décision de sortie progressive du nucléaire fournit, *« à première vue, l'exemple d'un traitement idéologique des ques-*

tions énergétiques ». Mais ils observent en fait que « la contrainte politique a été recyclée par l'économie allemande pour construire les bases d'une nouvelle industrie de l'énergie plus adaptée (...) aux besoins futurs de l'économie allemande mais aussi mondiale ». Et que ce qui risquait d'être « un naufrage économique » est peut-être devenu « un pari gagnant ».

Second exemple, le Danemark s'est fixé des objectifs ambitieux de développement des énergies renouvelables, qu'il est en mesure d'atteindre après plusieurs années d'efforts importants de recherche publique, de soutien à son industrie et de « valorisation des atouts nationaux ».

Le Royaume-Uni, enfin, n'a contrairement aux deux premiers pas pris de virage politique en faveur des énergies renouvelables. Toutefois, parce qu'elles peuvent « résoudre en partie l'équation énergétique des prochaines décennies », elles sont aujourd'hui intégrées à la politique énergétique du pays, « sans excès d'enthousiasme mais avec un pragmatisme actif », et « sous le contrôle du marché ».

Des priorités "nouvelles" pour la France...

Les priorités qui se dégagent de l'analyse détaillée de la situation française sont, sans surprise, conformes au cadre établi par les auteurs.

En premier lieu, ils s'élèvent contre la priorité accordée, selon eux, au développement des renouvelables pour la production d'électricité, avec en particulier le programme éolien. Ils y voient « un intérêt certain pour développer une industrie et fournir des références à l'exportation », mais jugent que « la contribution de ces énergies à la production d'électricité ne peut être que faible » dans le bilan national. Cette opinion est davantage basée sur l'existence actuelle d'une forte surcapacité de production en moyens classiques⁸ – puisqu'il n'est pas question de leur substituer des moyens renouvelables – que sur tout autre élément. La contribution nouvelle des renouvelables ne devrait pas même empêcher la poursuite du développement de moyens classiques, les auteurs décrétant « l'impossibilité pro-

nable de couvrir l'augmentation de la consommation d'électricité avec les seules énergies renouvelables ».

Si elles ne doivent pas venir concurrencer les points forts de l'industrie énergétique française (son parc nucléaire) les énergies renouvelables peuvent se développer dans les secteurs faibles, c'est-à-dire liés à l'usage de produits pétroliers. Ainsi, « l'apport des énergies renouvelables considérées comme des sources de chaleur et de carburants pour les transports peut être considérable ». En particulier, elles peuvent jouer un rôle important pour « rationaliser les consommations d'énergie dans les transports et le résidentiel-tertiaire », deux secteurs dont les auteurs pointent à juste titre l'aspect dominant dans le bilan énergétique, avec selon la comptabilité de la DGEMP plus de 70 % de la consommation finale d'énergie en France pour l'année 2000. Calculant que 80 % de la consommation résidentielle et 60 % de la consommation tertiaire correspondent à des usages thermiques (chauffage plus eau chaude sanitaire), mais en oubliant de signaler que 35 % de ces besoins thermiques étaient satisfaits par de l'électricité (chauffage, eau chaude et cuisson électriques), le rapport compte essentiellement sur le solaire thermique et la biomasse (bois-énergie et biocarburants).

...basées sur un constat tardif...

L'intérêt marqué par les auteurs pour la thermique et les carburants mérite qu'on s'y attarde. Ceux-ci semblent découvrir aujourd'hui une situation qui, en réalité, n'est pas nouvelle⁹.

Le rapport note ainsi que les transports ont vu leur part croître régulièrement dans la consommation d'énergie primaire française, non seulement très fortement en valeur absolue, passant de 32,4 Mtep en 1973 à 53,8 Mtep en 2000 (+ 21,4 Mtep), mais également en valeur relative puisque cela correspond respectivement à une part de 20 % et de 24,4 %. Quant au résidentiel-tertiaire, sa croissance est encore plus forte (+ 36,4 Mtep), passant de 64,3 Mtep en 1973 à 100,7 Mtep en 2000, soit d'une part de 40 % à 46,7 %¹⁰. Ils oublient cependant de signaler que cette augmentation n'est pas due au chauffage mais principalement aux usages spécifiques de l'électricité : Les besoins de chauffage des deux

secteurs sont restés constants de 1973 à 2000 autour de 455 Mtep, par contre ceux d'eau chaude et de cuisson (avec une part non négligeable d'électricité) ont doublé à 20 Mtep. Mais c'est surtout les usages spécifiques de l'électricité qui se sont envolés de 1973 à 2000 (une multiplication par plus de 3 à 35 Mtep).

Les auteurs n'établissent aucune relation entre cette situation et les choix énergétiques du passé. Pourtant, lorsqu'en 1973 la décision de lancement du programme électronucléaire a été prise, la consommation de produits pétroliers pour la production d'électricité ne représentait déjà, avec 14,8 Mtep, que moins de la moitié de celle des transports. Et la croissance de ce seul secteur sur la période est presque le double du gain (environ 13 Mtep) attribuable au programme nucléaire. Il est un peu tard pour découvrir que le levier offert par le programme nucléaire, même poussé à son comble, n'opère que faiblement sur le bilan énergétique national.

Parallèlement, on sait que le « tout nucléaire » français s'est accompagné d'un programme de « tout électrique ». Celui-ci visait à limiter le recours aux produits pétroliers dans les usages thermiques par la promotion du chauffage électrique. Le rapport ne signale pas que cette stratégie a joué un rôle déterminant dans l'explosion des consommations énergétiques de l'habitat et du tertiaire (sans même prendre en compte les conséquences mécaniques du choix de l'équivalence à la production d'électricité par la DGEMP - 0,22 Mtep par TWh - qui gonfle d'un facteur supérieur à trois les chiffres de l'électricité à usage thermique dans les bilans examinés par le rapport).

...et des chiffres discutables

Au-delà de l'effet d'opportunisme, l'analyse des données à l'appui des priorités proposées révèle un certain nombre de points contestables. Ceci commence par l'évaluation de la contribution actuelle des énergies renouvelables au bilan français : utilisant le facteur d'équivalence en vigueur à la DGEMP, le rapport évalue à 27,5 Mtep la production d'énergie des renouvelables en France, dont 62 % à la production d'électricité contre seulement 38 % à la production de chaleur. En corrigeant ces chiffres selon

la comptabilité internationale¹¹, le total est réduit à 17 Mtep, et surtout la répartition s'inverse, l'électricité ne représentant plus que 39 % et la production thermique 61 %.

Le deuxième exemple est fourni par la prévision sur l'évolution de la consommation intérieure d'électricité. Celle-ci « devrait atteindre 550 TWh en 2010 », contre 450 TWh en 2000 – soit une hypothèse de croissance de 1 à 2 % par an sur la période, conforme aux analyses tendanciennes de la DGEMP. J.-Y. Le Déaut, présentant peu de temps avant sa publication les grandes lignes de son rapport dans un colloque parlementaire¹², expliquait que « tout le monde est d'accord » sur cette perspective de croissance, la seule question étant de savoir comment y répondre. Ainsi, cette hypothèse fondamentale pour la démonstration, puisqu'elle autorise un développement significatif de l'électricité d'origine renouvelable (de 3,8 TWh en 2000 à 45 TWh en 2010) sans porter atteinte aux filières dominantes, ne fait l'objet d'aucune discussion. Elle est pourtant en rupture avec la philosophie même du développement durable, dont la priorité doit être une maîtrise de la demande d'énergie.

Enfin, les programmes proposés pour les secteurs des usages thermiques et des biocarburants, que le rapport juge prioritaires sur la poursuite du programme éolien, sont sujets à caution¹³. Les rapporteurs fixent à horizon 2010-2015 un objectif de 10 Mtep pour les biocarburants qui correspond, en admettant un doublement des rendements à l'hectare, à la mobilisation de 4 fois plus de terres que les surfaces actuellement en jachère. Mais les enjeux écologiques, économiques et sociaux associés à un tel mouvement ne sont pas abordés. Pour les besoins thermiques du bâtiment, le rapport affiche un objectif de 20 Mtep à la même échéance. Mais celui-ci est essentiellement basé sur un plan mobilisateur pour le solaire thermique dont l'impact ne serait en réalité que de 0,5 Mtep par an.

La priorité à la recherche et à l'industrie...

Ces approximations témoignent peut-être, au fond, d'un intérêt mitigé pour les enjeux fondamentaux des politiques énergétiques. Les auteurs semblent en effet davantage intéressés par les

enjeux secondaires qui touchent à l'activité économique.

Ainsi, J.-Y. Le Déaut et C. Birraux insistent sur la nécessité de développer des filières industrielles pour les énergies renouvelables au-delà de leurs « *utilités respectives* » dans le bilan énergétique. Ils recommandent de prendre en compte « *l'intérêt de ces filières comme activités nouvelles pour l'industrie française, en distinguant*

le marché intérieur et les marchés à l'exportation ».

Alors que sur le même thème le rapport Cochet proposait une gamme étendue et précise de mesures très diverses, le rapport de l'OPECST – qui ne fait aucune référence au précédent – se focalise essentiellement sur le soutien aux acteurs économiques, affirmant une « *primauté de la recherche et de l'industrie* » sur tout autre moyen. Les auteurs appellent entre autres les pouvoirs

Les chiffres gonflés du rapport de l'Office parlementaire

Le rapport sur les EnR préconise de réorienter les efforts de la France, à son avis bien trop exclusivement centrés sur l'électricité éolienne, vers une mobilisation massive du solaire et des biocarburants. Le programme éolien évalué à 18 milliards d'euros pour 7,7 Mtep d'électricité, est jugé « d'un surcoût bien trop élevé pour un programme à valeur essentiellement emblématique ». Les énergies renouvelables pourraient par contre apporter, selon les auteurs, une contribution majeure aux transports et au résidentiel tertiaire. Ils proposent d'accorder une « priorité absolue » au développement massif des capteurs solaires thermiques pour le logement et des biocarburants pour les transports : 40 Mtep, dont 20 de solaire thermique et 20 de biocarburants, à l'horizon 2010-2015. Ce n'est pas rien puisque les renouvelables aujourd'hui, ne comptent que pour 27 Mtep, hydraulique comprise.

20 Mtep pour les biocarburants ?

En fait le rapport propose :

- 10 Mtep d'économies d'énergie sur les moteurs automobiles, un programme certes essentiel, mais qui n'a manifestement aucun rapport avec les énergies renouvelables.
- 10 Mtep de biocarburants, un programme très ambitieux puisqu'il suppose à la fois une multiplication par 20 des quantités produites et une multiplication par 2 des rendements à l'hectare, avec un coût de 30 milliards d'euros en 10 ans (et un surcoût de 1,5 milliards d'euros par an si le prix du pétrole reste comme actuellement au dessous de 20 \$) et la mobilisation de 5 à 6 millions d'hectares de terres de bonne qualité pour cultiver de la betterave ou du maïs. Quant on sait que les friches agricoles ne dépassent pas en France 1,3 Mha, ce programme présente donc des risques écologiques, économiques et sociaux qui ne sont pour le moins pas inexistantes.

20 Mtep pour les besoins thermiques du bâtiment ?

Le rapport décrit un plan mobilisateur « Face Sud 200 000 chauffe eau solaires par an » : un million de m² de capteurs par an en 2010 (20 000 m² en 2001), un total d'une dizaine de millions de m² de capteurs à l'horizon 2015 pour un coût de 3 à 4 milliards d'euros. La conséquence énergétique en reste pourtant bien modeste : pour 10 millions de m² installés on ne peut pas espérer en France plus de 0,5 Mtep/an. Alors où sont donc passés les 19,5 Mtep qui manquent ? On trouve bien ça et là quelques indications sur l'apport potentiel d'autres énergies renouvelables : le bois, la géothermie, les déchets ménagers, pour un maximum supplémentaire de 3,5 Mtep, sans aucun chiffrage des mesures à prendre.

Il manque donc encore au minimum 16 Mtep et plus probablement 19 Mtep. A moins bien entendu que les auteurs aient, sans en prévenir le lecteur pourtant attentif, compté dans leur programme « bio-toits intelligents » le bois déjà brûlé dans nos cheminées et nos chaudières, le soleil qui entre par nos fenêtres, plus peut être un programme d'économie d'énergie dans l'habitat dont il n'est pas dit un mot ?

En tout cas, l'objectif du programme tel que décrit et annoncé, de 40 Mtep, tomberait à 10,5 ou 14 Mtep au maximum, moins de deux fois le programme éolien décrit par les rapporteurs, pour un coût de 33 à 35 milliards d'euros et un surcoût à la tep de 3 à 5% pour l'usager, du même ordre de grandeur que celui du programme éolien sur le kWh (3%). Voilà ramené à de justes proportions le programme prioritaire qu'on oppose au programme éolien en cours de lancement.

Benjamin Dessus, Global Chance

publics à favoriser le jeu du marché (à travers la mise en place de certificats verts), à « *dynamiser la recherche* » – laquelle se réduit pour eux dans ce domaine à deux organismes¹⁴, le CNRS et surtout le CEA – et surtout à « *sauver l'industrie française* ». De façon très significative, le rapport demande à ce titre « *le renforcement urgent de l'autorité du Secrétariat d'État à l'industrie* » sans évoquer le rôle possible, dans ce domaine qui relève pourtant aussi de sa compétence, du Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement.

...aux dépend des véritables enjeux du développement durable

Ce dernier point illustre l'échec des auteurs à saisir les véritables enjeux de développement durable associés à la politique de l'énergie. Ainsi, la priorité absolue d'une maîtrise de la demande énergétique n'est pas prise en compte. Des pans entiers de la problématique associée au développement des énergies renouvelables – l'aménagement du territoire avec la question de la décentralisation, l'indépendance énergétique par l'exploitation des ressources locales, la réduction de la vulnérabilité du système énergétique, y compris face à la menace terroriste – ne sont pas discutés.

Cette dimension est également absente de leur analyse du rôle des énergies renouvelables dans la relation Nord-Sud, qui confine au cynisme. Bien sûr, ils appellent au « *décollage* » de la coopération avec le Sud, « *indispensable pour que la fracture énergétique entre le Nord et le Sud ne continue pas de s'aggraver* ». Pour ajouter aussitôt que « *en stimulant les opérations d'équipement en énergies renouvelables dans les pays du Sud, les pays du Nord gagneront des savoir-faire, des volumes de fabrication et des baisses de prix qui bénéficieront aussi à leurs marchés intérieurs* ». En termes plus directs, « *les pays du Nord trouveront leur compte au bout de leurs efforts* ».

La « vogue » des énergies renouvelables, portée par des rapports comme celui-ci, ne fait probablement que commencer. Mais l'on se prend déjà à regretter le temps où, avant d'être un enjeu industriel pour le Nord, les énergies renouvelables représentaient une chance pour le développement durable au Sud.

Quelques éléments de conclusion

Global Chance

Les analyses présentées dans ce numéro ne prétendent évidemment pas à l'exhaustivité, ni sur les énergies renouvelables elles mêmes, ni sur leurs rapports et leur contribution au développement durable.

Nous avons d'abord tenté de rappeler des données de base et des ordres de grandeur concernant ces différentes énergies qui sont trop souvent négligées.

Nous avons aussi présenté des éléments de réflexion et des points de vue nouveaux sur un domaine qui semble faire l'objet aujourd'hui dans la plupart des sphères nationales et internationales d'un consensus dont on peut se demander parfois s'il ne cache pas en fait, derrière le discours, des divergences notoires d'interprétation, d'espoirs et d'objectifs réels.

Premier constat : l'analyse qualitative quantitative et géographique des enjeux pour les différentes filières devrait amener à nuancer l'approche répandue selon laquelle les EnR sont avant tout un enjeu pour le développement des pays du Sud : en fait, si l'on tient compte des besoins à satisfaire dans les décennies qui viennent, les potentiels globaux raisonnablement mobilisables au Nord et au Sud sont voisins, même s'ils sont très différenciés, filière par filière.

Second constat : l'accès à ces potentiels renouvelables est beaucoup plus facile dans les pays du Nord que dans les pays en développement. Dans les pays industrialisés en effet, le problème de l'introduction des renouvelables n'est principalement qu'une affaire de substitution sur un marché existant, très développé et solvable. Dans les pays du Sud au contraire il s'agit bien souvent de développer l'accès à des services énergétiques inexistantes ou très insuffisants, en faveur de consommateurs pauvres, dans des zones dispersées, et dans des conditions techniques et de risque défavorables, donc de bâtir une réponse à la question « qui pourra payer quoi ? ».

La responsabilité du Nord

La première responsabilité des pays du Nord en ce qui concerne les énergies renouvelables au service du développement durable est donc de dépasser le discours « armons-nous et partez » et de changer de rythme d'introduction de ces énergies au niveau domestique. Nombre de technologies ont atteint un degré de maturité technique suffisant pour permettre leur diffusion. Au Nord les industries pour les produire existent même si elles n'ont pas encore atteint leur taille optimale, les surcoûts économiques initiaux de ces énergies (quand ils existent) restent la plupart du temps tout à fait acceptables pour les usagers ou la société. Enfin, il existe une pano-

plie d'outils économiques dont on commence à bien connaître les avantages et les effets pervers éventuels, pour accompagner l'effort industriel et la diffusion des produits sur le marché. Reste donc principalement à dépasser les barrières culturelles et politiques qui freinent ce développement sans lequel tout discours sur les EnR et le développement durable (en particulier la lutte contre le changement climatique) et les pays du Sud restera largement incroyable. Ce dépassement suppose la mobilisation citoyenne en faveur du développement durable. Tant que le débat sur ces questions restera cantonné au seul dialogue entre pouvoirs publics et lobbies industriels il y a en effet toutes chances que la question du développement des EnR reste totalement marginale.

Et puis, il ne faut pas se tromper de cible pour la coopération

Au moment où la coopération Nord-Sud tente de redéfinir ses objectifs autour de la notion de « biens communs globaux » (l'accès à l'eau, à l'énergie, à la santé, à l'éducation, à la mobilité, etc.), et où il a été décidé dans le contexte international que les financements Nord-Sud vont de plus en plus abonder les budgets des pays hôtes (plutôt que des projets souvent définis par les bailleurs), la pertinence des solutions renouvelables proposées par les industriels du Nord vis-à-vis des besoins d'un accès à l'énergie le plus favorable au développement des PED et à la lutte contre la pauvreté ne va pas de soi.

Dans un très grand nombre de cas, l'utilisation rationnelle d'énergies fossiles se révèle plus accessible aux PED que les renouvelables, par manque d'industries et de capacités de maintenance locale et plus encore peut être pour des raisons purement financières. La situation présente est bien sûr susceptible d'évoluer, mais cela suppose d'établir avec chaque pays du Sud une stratégie pluriannuelle de développement énergétique indexée sur ses propres schémas de développement économique et social. Pour cette raison - ou plutôt cette absence de raison - l'effort de financement de la diffusion des EnR dans les PED par les bailleurs du Nord est très décalé par rapport aux besoins réels de développement des PED. C'est le cas par exemple pour l'électricité photovoltaïque qui bénéficie de programmes beaucoup plus importants que la modernisation de l'utilisation de bois de feu et de la biomasse (chaleur industrielle, électricité) de la part des grands bailleurs, alors que les enjeux en termes de développement économique, industriel et social sont bien plus significatifs pour la biomasse.

Plus que d'effets d'annonces et de grands programmes emblématiques qui risquent de détourner largement l'aide publique au développement de son objectif principal, le développement, au profit d'une aide à l'exportation et au développement industriel des industries des pays du Nord, les PED ont besoin d'être aidés à faire une analyse sérieuse des solutions les plus adaptées à leur dynamique et d'un financement au cas par cas de leurs besoins d'accès à l'énergie.

C'est alors au choix des infrastructures de développement (équipement rural des services de base, urbanisme, habitat, transports, infrastructures industrielles) et à la maîtrise de l'énergie qu'il faut accorder la plus grande importance, et, dans ce cadre, au choix des ressources énergétiques, renouvelables ou non, les plus adaptées à la satisfaction des besoins engendrés par l'usage de ces infrastructures. Ce faisant on traitera dans la foulée les besoins sociaux, ceux liés au développement économique et à l'environnement local comme à l'environnement global.

Dans ce cadre les énergies renouvelables ont un rôle majeur à jouer.

Mais si nous ne voulons pas gâter l'espoir qu'on peut légitimement mettre dans leur émergence au service du développement durable, il est urgent de changer de vitesse chez nous, pays riches qui pouvons nous payer les surcoûts éventuels d'apprentissage de leur utilisation.

Nous le devons à la planète puisque nous sommes les premiers responsables des problèmes de changement climatique et d'une grande part d'autres problèmes de pollution (océans, etc.), et nous pouvons agir pour que l'attitude de l'Europe contribue à dissiper l'image d'un Nord monolithique, uniquement préoccupé par la libéralisation des marchés et le fonctionnement de l'OMC.

Nous le devons aussi aux pays du Sud, à la fois pour leur laisser l'espace indispensable à leur développement qui exigera sans aucun doute un recours accru aux fossiles et pour leur transférer à terme des technologies renouvelables sûres et bon marché.

Pour cela il nous faut, en particulier nous Européens :

- Définir soigneusement des objectifs ambitieux mais raisonnables à 10 et 20 ans pour chacun des couples énergie renouvelable - usage les plus significatifs (la biomasse pour le chauffage et l'électricité, l'électricité éolienne, la construction et la réhabilitation bioclimatique, le chauffage solaire, etc.) compatibles avec les enjeux qu'on peut assigner à chacun de ces couples en Europe, plutôt que de se laisser guider par les seules ambitions des lobbies producteurs.
- Ne pas changer d'avis tous les matins sur les priorités d'action comme nous le propose aujourd'hui le rapport de l'OPECST pour la France à propos du programme éolien, à peine entamé, en tentant une diversion vers d'autres programmes dont la justification ne semble pas guidée par des arguments chiffrés réalistes.
- Engager avec les pays du Sud une effort partenarial de coopération centré sur l'aide à la définition et au financement des infrastructures de développement les plus économes en énergie et les plus respectueuses à long terme de l'environnement et, dans ce cadre, sur les énergies les plus utiles à leur développement. C'est dans ce contexte de partenariat, de transfert de technologie, d'appropriation industrielle, économique et sociale que les filières renouvelables trouveront une place importante et efficace dans le développement durable des pays du Sud. C'est le sens de l'appel de Bellevue pour un nouveau partenariat Nord-Sud que nous avons lancé en juin dernier à travers toute l'Europe et qui a rencontré immédiatement un écho très favorable auprès de la communauté scientifique et des acteurs de la coopération européenne du développement et de l'environnement (voir ci-après).

Dix ans après Rio il nous semble urgent de confirmer, tant dans les politiques nationales (au Nord et au Sud) que dans les politiques de coopération, cette vision de ce que devrait être la contribution de l'énergie au développement durable. C'est pourquoi nous engageons l'Europe à prendre une initiative d'ampleur au prochain sommet de Johannesburg qui manifeste d'un tel renouveau politique et citoyen.

Appels de Bellevue

Un premier appel, publié dans *Le Monde*, *Le Courrier* (Genève), *la Libre Belgique* et *De Morgen* début mai 2001 proposait, à la suite de l'échec de la conférence sur le climat de La Haye, que l'Europe reprenne rapidement l'initiative en axant sa stratégie sur un nouveau partenariat Nord-Sud pour le développement durable.

Ce premier appel figure dans l'encadré ci-contre. Il a été signé en quelques semaines par près de 1400 personnalités européennes dont la liste est consultable sur le site internet de l'Université de Louvain

1^{er} Appel de Bellevue

Les prises de position récentes des États-Unis dans la négociation sur la lutte contre le réchauffement climatique sont d'abord un très mauvais coup porté aux pays en développement. Ces pays sont les moins responsables du changement climatique, mais supporteront en premier les conséquences attendues de la montée des eaux, de l'extension des zones de sécheresses et des inondations. Parce que leurs économies sont dépendantes de l'usage de ressources naturelles telles que les sols cultivables et les eaux pour l'irrigation, la lutte contre le réchauffement du climat est vitale pour leur sécurité alimentaire comme pour leur développement économique et social. C'est donc d'abord à ces pays que les États-Unis s'en prennent, bien plus qu'à nous européens qui aurons les moyens techniques et financiers de nous protéger contre les risques du réchauffement attendu.

Bien que les pays du Nord soient aujourd'hui responsables de près de 80% des émissions (dont 25% pour les seuls USA), il n'en reste pas moins vrai que les pays en développement, en raison de leur développement économique, deviendront des émetteurs majeurs de gaz à effet de serre. Il est par conséquent essentiel de les associer pleinement aux négociations Climat. Mais ces mêmes pays ont aujourd'hui la désagréable impression que cette négociation se fait à leurs dépens, et sans eux. Ils craignent de voir la lutte contre l'effet de serre se tra-

duire par une nouvelle contrainte à leur développement. Un outil comme le " mécanisme de développement propre ", l'un des principaux instruments proposé à Kyoto pour associer les pays du Sud aux actions de lutte contre l'effet de serre, et qui devrait et pourrait permettre à ces pays de bénéficier d'investissements réels nouveaux pour leur développement, leur semble souvent conçu bien plus pour aider les pays du Nord à fuir leurs responsabilités que pour aider les pays du Sud à s'engager sur la voie du développement durable.

Que pouvons-nous faire de positif pour relever le défi et sortir de l'impasse ? L'Europe doit proposer et négocier avec les pays du Sud un accord de partenariat pour le développement durable (basé par exemple sur un objectif d'émissions équitable à long terme pour tous les habitants de la planète). Cela suppose trois conditions :

- Que l'Europe mobilise dès maintenant les ressources humaines et financières nécessaires à ce partenariat nouveau au centre duquel on devrait trouver à la fois le développement des activités économiques des pays en développement et le contrôle des émissions de gaz à effet de serre.

- Qu'elle fasse chez elle ce qu'elle est capable de faire. Des technologies bien moins consommatrices d'énergie existent aujourd'hui pour chauffer nos habitations, transporter nos produits, assurer la mobilité des personnes, ou faire marcher nos industries, et les énergies renouvelables peuvent contribuer davantage à nos besoins énergétiques. Encore faut-il montrer à nos parte-

naires que nous sommes capables de prendre les mesures politiques, économiques et sociales indispensables pour gagner l'adhésion des opinions publiques, inverser la tendance et nous engager sur les chemins du développement durable.

- Qu'elle soit résolue enfin à faire adopter, par l'OMC si nécessaire, des mécanismes de protection contre la concurrence déloyale des entreprises de pays qui n'auraient pas choisi de faire face au défi du changement climatique.

À nous, citoyens, de faire comprendre que les pays du Sud doivent être impérativement considérés comme des partenaires à part entière.

C'est sur ces bases que nous demandons solennellement aux gouvernements européens et à l'Union Européenne de proposer sans attendre un nouveau partenariat avec les pays du Sud pour un développement solidaire et durable, respectueux de l'environnement global, en particulier du climat. C'est d'abord une question de justice et de solidarité, c'est aussi une condition indispensable à la lutte contre les conséquences désastreuses à moyen et long terme du changement climatique.

Mai 2001

Initiateurs :

Benjamin Dessus (Président de l'ONG Global Chance)

Pierre Castella (Président de l'ONG Solagrall)

Jacques Testart (Président de la Commission Française pour le développement durable)

À la suite de ce premier appel, nous en avons lancé un second intitulé " Le climat, l'urbanisme, l'habitat et le transport, une priorité pour un partenariat Nord-Sud " que vous trouverez ci-après. Il est paru en juin dans les journaux La Croix et Le Courrier.

Cet appel précise la démarche partenariale Nord-Sud envisagée et propose un programme spécifique de coopération avec les pays en développement dans les domaines de l'urbanisme, de l'habitat et du transport, trois domaines dans lesquels les choix initiaux d'infrastructures ont des conséquences majeures et de très longue durée à la fois sur le développement économique et sur les émissions de gaz à effet de serre des pays concernés.

2^{ème} Appel de Bellevue

Le climat, l'urbanisme, l'habitat et le transport, une priorité pour un partenariat Nord-Sud

La négociation des modalités de mise en œuvre de la Convention Climat au travers du protocole de Kyoto reste aujourd'hui bloquée en dépit de l'urgence d'une action vigoureuse contre le changement climatique. L'attitude des États-Unis, responsables à eux seuls du quart des émissions de gaz à effet de serre, est bien entendu inadmissible. Il nous semble cependant vain pour la « vertueuse Europe » de se contenter de montrer du doigt les mauvais élèves.

Au contraire, il est urgent que l'Europe commence par faire chez elle ce qu'elle est capable de faire, en mettant en œuvre au plus vite l'ensemble des technologies économiques en énergie et des filières d'énergies renouvelables dont elle dispose d'ores et déjà, mais qui restent sur les étagères en attendant une réelle volonté politique des pays européens.

Mais il nous apparaît encore plus urgent que l'Europe s'engage résolument et sans attendre dans la **proposition et la négociation** avec les pays en développement **d'accords de partenariat pour le développement durable**.

C'est le développement économique et social de chaque pays du Sud, respectueux de ses objectifs, de

son histoire, de sa culture et de son organisation sociale, mais aussi de la protection du climat, qui doit être au centre de ces accords. L'offre partenariale est d'abord une affaire de justice et de solidarité internationale, mais c'est aussi une nécessité pour engager un combat efficace contre le réchauffement et une condition indispensable au déblocage de la négociation Climat. La question d'un nouveau partenariat Nord-Sud pour le développement durable va bien au-delà des problèmes de ratification et d'application du protocole de Kyoto, avec ou sans les États-Unis. Le principal outil de coopération avec les pays en développement du protocole de Kyoto, « Le Mécanisme de Développement Propre » (MDP), représente certes, pour un certain nombre de pays en développement, une réelle opportunité de nouveaux flux d'investissement. Mais ce mécanisme reste avant tout un « mécanisme de flexibilité » destiné à rendre acceptable le protocole de Kyoto aux pays industrialisés.

Le MDP est destiné à orienter le marché vers un développement plus respectueux de l'environnement ; mais on sait bien qu'il ne suffira pas à lui seul à impulser les mécanismes sociaux et politiques nécessaires au développement durable. Au-delà des mécanismes économiques, et quels que soient les systèmes d'organisation des sociétés, l'intervention d'autorités publiques reste indispensable dans les domaines de l'aménagement du territoire, des

réseaux de transport, des normes de construction, etc. Le MDP n'induit pas d'investissements significatifs dans le bâtiment, l'urbanisme ou le transport, alors que la moitié environ des émissions de gaz à effet de serre est attribuable à ces infrastructures. Ainsi, c'est dans ces domaines que se concentrent les synergies principales entre les priorités d'investissement des pays en développement et les enjeux à long terme de la lutte contre le climat. L'Europe est particulièrement bien placée pour coopérer avec les pays du Sud dans l'édification des infrastructures du développement durable : elle dispose de technologies, de méthodes, de moyens humains, de moyens financiers, mais aussi d'une variété d'expériences nationales et locales de politiques publiques dans les domaines du développement économique, social et culturel. Cette expérience démocratique et ces différents moyens doivent être mis au service d'un nouveau partenariat négocié avec les pays en développement. Nous devons, nous Européens, contribuer à élargir l'éventail de leur choix, à traduire ces choix en programmes de développement. Nous devons coopérer à la réalisation des infrastructures économes en émissions de gaz à effet de serre que ces pays auront décidées.

Des dons et des prêts des institutions européennes, éventuellement articulés avec un futur MDP, pourraient catalyser les investissements publics et privés indispensables. Un

tel signe positif de l'Europe, assorti des moyens institutionnels et financiers indispensables, est de nature à rendre enfin crédible aux yeux de nos partenaires du Sud, notre volonté de lutte contre le changement climatique en dépassant les contradictions de la négociation actuelle.

Aussi, nous demandons solennellement aux gouvernements européens et à l'Union européenne de s'engager dans un partenariat Nord-Sud pour un développement durable, solidaire et respectueux de l'environnement global.

Juin 2001

Initiateurs :

Benjamin Dessus (Président de l'ONG Global Chance)

Pierre Castella (Président de l'ONG Solagral)

Jacques Testart (Président de la Commission Française pour le développement durable)

Bernard Laponche (ancien Président de l'Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie)

Bernard Devin (Consultant, expert ONU/CENRD)

Edgar Blaustein (Économiste conseil)

De quoi s'agit-il ?

- 1 Reproduisant inconsciemment le discours qu'ils contestent chez leurs adversaires, tenants du tout nucléaire.
- 2 À la condition de pouvoir transporter le précieux liquide.
- 3 Cette classification prend en compte à la fois l'adéquation de la filière aux besoins exprimés et l'importance du potentiel de l'application envisagée : par exemple le photovoltaïque à la fois très bien adapté à l'application électricité hors réseau et à fort potentiel d'usage dans de nombreuses parties du monde obtient la note ****. Le même photovoltaïque obtient la note ** seulement pour l'électricité sur réseau et ce pour des raisons principalement économiques de concurrence avec d'autres filières électriques.
- 4 À condition d'avoir résolu le problème du stockage de l'électricité ainsi produite dans le cas où ce n'est pas le réseau qui assure l'équilibre besoins offre d'électricité.
- 5 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.

Où, combien, et pour quoi faire ?

- 1 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.
- 2 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 Energies Renouvelables) dans la suite.
- 3 Le monde en 22 régions en 1990 : Canada, Etats-Unis, Communauté Européenne, Europe du Nord et pays Alps (Islande, Norvège, Suède, Finlande, Autriche, Suisse), Europe centrale, Union Soviétique, Japon, Australie et Nouvelle-Zélande, Mexique, Brésil, Amérique Latine (autres pays), Europe du Sud (Chypre, Israël, Malte, Turquie, Yougoslavie), Moyen-Orient (Iran compris), Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Lybie, Egypte, Soudan), Nigéria et Gabon, Afrique (autres pays), Afrique du Sud, Inde, Chine, Corée du Sud-Taiwan-Hong-Kong-Singapour, Indonésie, Asie-Océanie (autres pays).
- 4 Même si leur potentiel pourrait être augmenté en particulier dans les pays du Nord qui sont en situation de surproduction agricole et animale.
- 5 Des développements plus futuristes (tels que les satellites solaires ou un système solaire-hydrogène) pourraient augmenter considérablement les potentiels accessibles.
- 6 World Energy Assessment, UNDP New York, Sept 2000, (notée WEA).

Energies renouvelables au nord

- 1 Nous n'ouvrons pas ici le débat sur les différents types de subventions cachées de la collectivité aux filières nucléaires et fossiles.
- 2 Nous recon naissons que ceci est une simplification d'une situation plus complexe. En effet, certains locataires d'HLM chauffés électriquement choisissent de ne pas chauffer, du fait du montant de la facture.
- 3 Certaines des renouvelables ont depuis longtemps atteint un fort niveau de compétitivité, au point de constituer le choix de préférence pour des industries intensives en énergie, par exemple l'hydro-électricité pour l'aluminium. La compétitivité prix d'autres filières dépend de multiples conditions, notamment de la disponibilité et de la qualité de la ressource renouvelable. Toutefois, les écarts de prix final ne sont cruciaux que pour quelques industries intensives en énergie, exposées à une concurrence internationale.
- 4 Mais quel long terme ? Les perspectives d'épuisement des ressources en pétrole et gaz à plusieurs décennies ne sont-elles pas insaisissables par le processus démocratique ? Nos compagnies pétrolières se préparent pour la transition vers l'ère de l'après pétrole. Mais elles agissent efficacement pour empêcher la prise en compte de cette réalité par les Etats et les peuples.

- 5 Toutefois, l'approvisionnement en pétrole et en gaz est assuré pour au moins 40 ans pour le premier et 75 ans pour le second. Voir *World Energy Assessment: energy and the challenge of sustainability (WEA)*; UNDP, UN DESA, WEC; NY; 2000.
- 6 WEA, op. cit.
- 7 Cette fragilité est un facteur qui conditionne la politique étrangère et militaire des grandes puissances industrielles.
- 8 Bien sûr, dans la limite des terres disponibles.
- 9 Rappelons-nous les pannes de courant dues à la tempête de 1999.
- 10 Des calculs de ce genre ont été effectués dans le cadre d'études françaises (*Conséquences des installations de stockage des déchets nucléaires sur la santé publique et l'environnement*; Rapport de Mme Michèle RIVASI, députée; 17 mars 2000; sur le site de l'Assemblée nationale; *Le contrôle de la sûreté et de la sécurité des installations nucléaires*; Rapport de M. Claude BIRRAUX, député; 25 mars 1999; sur le site de l'Assemblée nationale) et européennes (projet ExternE, voir <http://externe.jrc.es/>).
- 11 Ont-ils évalué le risque ?
- 12 Il existe de nombreux mécanismes possibles pour traiter ce surcoût (voir ci-après article Menanteau - Lamy).

Développement durable au sud

- 1 *World Energy Assessment: energy and the challenge of sustainability (WEA)*; UNDP, UN DESA, WEC; NY; 2000.
- 2 Le terme "G77" réfère au groupe des pays en développement. Les négociations internationales prennent le souvent la forme d'un débat entre trois groupes : le G77, l'Union Européenne et le JUSCANZ (Japan, USA, Canada, Australie et Nouvelle Zélande). La Chine n'appartient pas au G77, mais s'y associe le plus souvent.
- 3 Notez que l'existence d'un réseau ne garantit pas aux citoyens un accès effectif à l'énergie. Le réseau peut être déficient ou insuffisamment alimenté. Par ailleurs, le prix du service peut le mettre hors de portée pour une partie de la population. Toutefois, les EnR, parce qu'elles sont en général chères au kWh, n'apportent pas une solution spécifique à ces problèmes.
- 4 Wamukonya, Njeri; Davis, Mark; "Socio-economic impacts of rural electrification in Namibia: comparisons between grid, solar and unelectrified households"; *Energy for Sustainable Development*, Volume V No. 3; septembre 2001.
- 5 Notez aussi, que du point de vue financier, le taux d'actualisation (notion comptable qui reflète les taux d'intérêt mais aussi des facteurs de risque) entre dans le calcul de la proportion de valeur ajoutée nationale d'un projet. Les taux d'actualisation appliqués dans les PED sont plus élevés que dans les pays industrialisés. Ceci défavorise les EnR qui ont souvent un coût initial élevé.
- 6 Il s'agit d'un problème majeur de santé publique. Voir WEA, op. cit.
- 7 L'utilisation de bio-combustibles tend à réduire certaines émissions, comme le soufre, le plomb et NOx. Par contre, des études soulèvent des craintes quant aux effets carcinogènes de certains produits de combustion de bio-combustibles.

EnR et coopération

- 1 Les énergies renouvelables, de quoi s'agit-il ? Dans ce numéro.
- 2 Les contraintes sociologiques au développement des EnR. Ci-après.
- 3 Énergies renouvelables et effet de serre. Dans ce numéro.
- 4 Le potentiel mondial des énergies renouvelables / La houille blanche (1992).
- 5 Energies renouvelables, où, combien pour quoi faire ? Dans ce numéro.
- 6 Société-monde contre terreur-monde / Supplément / Le Monde, jeudi 22 novembre 2001.
- 7 La place des EnR dans les scénarios à moyen et long terme. Dans ce numéro.

- 8 Youba Sokona et Jean Philippe Thomas: Energie et lutte contre la pauvreté, un autre débat que celui des EnR (dans ce numéro).
- 9 Edgar Blaustein : Développement durable au Sud : l'enjeu de l'accès à l'énergie (dans ce numéro).
- 10 The uneven road for the non grid programme in South Africa /Njeri Wamunkoya paru dans *Energy for Sustainable Development Volume V – No 3 – Septembre 2001* Bangalore. Traduction ci-après.

Afrique du sud

- 1 La population de l'Afrique du Sud était d'environ 46 millions en 1999.
- 2 En 1999 une somme de 64 millions de ZAR avait été inscrite au budget mais jamais utilisée. En août 2000 le NER a inscrit 20 millions de ZAR supplémentaires pour l'électrification par mini-réseaux.
- 3 Le Livre blanc sur l'énergie (1998) stipule que la réalisation de l'accès universel à l'électricité pour tous les foyers était un objectif du gouvernement.
- 4 NER, le numéro de juillet 2000 de l'*Electricity Regulatory Journal* contient les objectifs d'électrification pour l'an 2000. Sur un total de 403 000 connections, 23 000 seront réalisées par des systèmes photovoltaïques hors réseau.
- 5 Par exemple, les taux de subvention n'avaient pas été divulgués.
- 6 La société commune Eskom-Shell est exclue, puisqu'une concession avait déjà été attribuée à cette société avant ce processus.
- 7 Alinéa 6(1) de la Loi sur l'Electricité prévoit qu'un permis de fournisseur est obligatoire seulement pour des ventes annuelles de plus de 5 GWh.
- 8 Ce groupe de concessionnaires s'est retiré depuis.

Energie et pauvreté dans les PED

- 1 Voir en particulier : " L'Energie dans les zones rurales en Afrique : pour l'environnement et contre la pauvreté " - Actes du Forum Régional du Conseil Mondial de l'Energie – (CME). « Quelles priorités pour le secteur de l'énergie en Afrique à l'horizon 2020 » ; février 1997, Dakar. P. 49 à 54.
- 2 On ne citera que pour mémoire les mécanismes des marchés de matières premières énergétiques qui au niveau mondial font perdurer des inégalités criantes entre les acteurs, entraînant les déficits des balances de paiement et par suite l'augmentation du poids de la dette pour les PVD. Il faut rappeler que dans la plupart des pays sahéliens, la part des produits pétroliers dans les importations est de plus de 70 %. Quand ces pays sont producteurs, les modes de répartition des richesses très inégalitaires que l'on rencontre sur le continent excluent le plus souvent les pauvres des bénéfices liés à la détention de ressources énergétiques. On ne fera que souligner les collusions qui existent d'ailleurs, dans certains pays, entre le pouvoir politique et les grandes compagnies pétrolières !
- 3 Voir en particulier, "Energy issues", The World Bank Group, FPD Energy Note No 7, novembre 1995.
- 4 Cf. Note 2 supra.
- 5 "Vivre et mourir en Afrique", Ph. Engelhard, T.Ben Abdallah et M.Seck, ENDA Syspro, Dakar, 1988.
- 6 "Centrales photovoltaïques de Diaoulé et de Ndiébel : suivi socio-économique", Rapport final, Masse LO, Sécou SARR, ENDA Energie, Dakar, décembre 1993.
- 7 Voir également : - Nalini Burn & Laurent Coche, UNDP 2000 " The multifunctional platform : energy for village level economic and social development " - Youba Sokona, 2000 "Case study on the multifunctional platform in Mali" Contribution for the World Energy Assesement.
- 8 "Vulgarisation de la Convention de lutte contre la Désertification et Elargissement du Réseau des ONG sur la Désertification".- ENDA TM, Dakar, avril 1995. 16p.
- 9 D'un point de vue macro-économique, on peut relier cette démarche à celles qui s'inscrivent dans les nouvelles théories économiques de la croissance endogène.

Stimuler le marché des EnR

- 1 Directive 2001/77/CE du Parlement européen et du Conseil du 27 septembre 2001, JO L 283, p. 33 à 40.
- 2 Ce texte a bénéficié de nombreux échanges avec D. Finon.
- 3 Source : *WindPower Monthly*, The Windindicator (<http://www.wpm.co.nz>), décembre 2001.
- 4 Égal à 90 % du prix de vente au résidentiel.
- 5 Irlande et Ecosse incluses.
- 6 Source ADEME.
- 7 Selon les estimations 2001 de l'Ademe, et en tenant compte d'un effort de maîtrise de la demande d'électricité d'environ 30 TWh, la demande totale d'électricité devrait atteindre 510 TWh en 2010. La contribution attendue des EnR s'éleverait alors à 107 TWh/an, soit un apport supplémentaire de 40 TWh d'ici 2010. Cet objectif pourrait être réparti de la façon suivante entre les différentes filières : éolien 29 TWh, biomasse 5,9 TWh, petite hydraulique 4 TWh, géothermie 0,8 TWh et photovoltaïque 0,3 TWh. Notons que pour l'éolien, cet objectif signifie l'installation d'un parc d'au moins 10000 MW d'ici 2010.
- 8 E-SER : électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables.
- 9 En 2000, sur les 81 nouvelles machines installées, la plupart provenait de l'industrie danoise. (International Energy Agency, *Wind Annual Report 2000*, Mai 2001).
- 10 Les tarifs applicables aux DOM-TOM et à la Corse sont de 60cF/kWh pour toutes les installations pendant les 5 premières années, puis passent à 49 (resp. 30) cF/kWh les 10 années suivantes pour les sites dont le productible atteint 2400h/an (resp. 3300h) quelle que soit la capacité installée.
- 11 Le prix d'achat du kWh éolien est défini sur trois périodes de 5 ans. Il est fixé à 8,4 ceuro/kWh pour toutes les installations pendant les 5 premières années, puis il varie selon la qualité du site, de 5,9 ceuro/kWh pour les sites moyennement ventés à 3 ceuro/kWh pour les sites très ventés.
- 12 Pour une analyse plus complète, se référer à l'article de P.Girard.

Contraintes sociologiques

- 1 L'auteur tient à remercier Guy BONHOMME, Muriel BOUDOU, Madeleine CHARRU, Christian COUTURIER, Paul NEAU et Maurice PASDELOUP pour leurs remarques précieuses.
- 2 Le souci d'équité sociale, celui de l'efficacité économique et celui de la préservation de l'environnement et des ressources à long terme.
- 3 Énergies Renouvelables dans les Régions d'objectif 1. Une opportunité pour les autorités locales. Commission Européenne, DG XVII, 1999.
- 4 Bien que peu comparables avec celles d'autres pays européens, les aides accordées aujourd'hui par l'État français ne leur ont jamais été aussi favorables ce qui laisse espérer un démarrage sans précédent.
- 5 Ils ne recueillent que des déclarations qui peuvent être de simples intentions d'agir ou des manières de valoriser l'image de soi. Et s'il y a parfois un fossé entre le dire et le faire, ces sondages donnent des ordres de grandeur qui demeurent éloquentes.
- 6 C. DUFLOS, « *Les Français et l'environnement* » *Consommation et mode de vie*, CREDOC, n°45, 31 janvier 1990.
- 7 F. GUERIN-PACE, P. COLLOMB, "Les contours du mot *environnement* : enseignements de l'analyse textuelle", *L'espace géographique*, (1), 1998.
- 8 A. DUFOUR, J.-P. LOISEL, « *Les Français et l'environnement : attitudes et comportements* », ADEME/CREDOC, 1997, p. 14.
- 9 Colloque "Energie au quotidien", 7 octobre 1995, UMINATE, Toulouse.
- 10 "Le froid domestique. *Étiquetage et efficacité énergétique*", *Les Cahiers du CLIP* (11), déc. 1999, p. 85.
- 11 Sondage à la une, "Les français et le nucléaire", 1999, BVA, <http://www.bva.fr/archives/nucleaire99.html>

- 12 On remarquera la valeur très relative et somme toute très artificielle de toutes ces statistiques qui décrivent des déclarations contextualisées et orientées (“voilà ce que je pense compte tenu du thème principal du sondage ou de ce que les questions précédentes m’apprennent sur le sujet”) ou des intentions (“voilà ce que je ferais si...”). On notera également qu’il n’est jamais question de caractériser des usages ni de comparer des indices de satisfaction à des situations comparées. De même, il n’est jamais fait état du niveau de connaissance des personnes interrogées sur les diverses énergies : ce qu’elles sont, comment elles sont exploitées, comment on les utilise en France et ailleurs, quels sont les avantages et inconvénients comparés des unes et des autres...
- 13 Colloque “Energie au quotidien”, 7 octobre 1995, UMINATE, Toulouse.
- 14 C’est à dire “Monsieur tout le monde”.
- 15 D. DESJEUX, et alii, *Anthropologie de l’électricité*, Paris, L’Harmattan, 1996, p. 15.
- 16 Faute de pouvoir disposer, comme dans certains pays européens tel le Danemark, de petits instruments de mesure de la consommation de chacun des gros appareils électroménagers, chacun est laissé seul juge pour apprécier ses consommations par poste et décider de l’opportunité de changer de source d’énergie ou de système de chauffage.
- 17 H. MENDRAS, M. FORSE, *Le changement social*, Paris, PUF, 1983, pp. 80-82.
- 18 Figure emblématique veut dire personnage médiatique populaire, ce que n’est pas Fabrice LUCHINI par exemple, qui fait la promotion de la maîtrise de la demande d’énergie dans les récents spots télévisés financés par l’ADEME.
- 19 M.-C. ZELEM, “Le bois-énergie en France. Etude socio-économique et institutionnelle des conditions de son développement”. Paris, CNRS-PIRSEM -DRAEI-ADEME, 1994.
- 20 Ne pas confondre les représentations de naturel, de confort et d’agrément associées au bois par exemple dans des univers de loisirs (vacances, week-end, temps de convivialité) qui servent de contextes à des publicités (dépliants France-Télécom) avec les représentations réellement mobilisées lorsqu’il s’agit de s’équiper pour un usage quotidien.
- 21 Ce qui n’empêche pas les inserts d’avoir donné une sorte de seconde vie au chauffage au bois.
- 22 C. LAUMONIER, J.-P. FLORI, “L’implantation d’une centrale éolienne vue par les riverains. Analyse sociologique et technique. Exemple du site de Sallèles-Limousis”, *Cahiers du CSTB* (3272), nov. 2000.
- 23 Association Mont Iratis “Pour la protection des collines de l’Aude, contre l’implantation chaotique de 800 sites éoliens dans le Languedoc Roussillon”, tract en 12 pages, sep. 2001.
- 24 “2001 énergie. Les défis à venir”, *Science et vie* (214), mars 2001, p. 121.
- 25 Surtout lorsque jouent les contre références (telles cette chute d’une éolienne à Ouessant il y a une vingtaine d’années ou l’expérience Valorga dans les années 88-90).
- 26 Ressources au sens crozérien du terme c’est à dire ensemble de compétences, stratégies, valeurs, réseaux... que chacun est capable de mobiliser pour agir. (M. CROZIER, L’acteur et le système. Paris, Le Seuil, 1977)
- 27 Notons que la prise de risque social peut s’avérer positive et devenir valorisante.
- 28 J. PADIOLEAU, *L’Etat au concret*, Paris, PUF, 1982, p. 95.
- 29 “2001 énergie. Les défis à venir”, *Science et vie* (214), mars 2001.
- 30 Certes il existe bien des revues ou des journaux qui font la promotion des EnR, mais ils ont une diffusion restreinte.
- 31 Y. MENY, J.-C. THOENIG, *Politiques publiques*, Paris, PUF, coll : Thémis, 1989, p. 237.
- 32 *Energie et vie quotidienne*. Toulouse, UMINATE, 7 octobre 1995.
- 33 La technocratie “arrive à créer un espace d’action qu’elle s’approprie, à la tête de plusieurs secteurs, et qu’elle gère de manière autonome, substituant ses critères, ses modes de fonctionnement, ses normes, aux processus de décision (...)” in : J. -C. THOENIG, *L’ère des technocrates*. Paris, L’Harmattan, 1987, p. 26.
- 34 Prenons le cas de la promotion du bois-énergie débattue en Région par exemple. Relève t-elle de la commission énergie, de la commission agricole ou de la commission environnement ? Qui compose ces commissions ?
- 35 P. LASCOUMES, *L’écopouvoir*. Paris, L’Harmattan, 1994.
- 36 *Campagnes solidaires* (153), juin 2001.
- 37 P. LASCOUMES, op. cit., p. 148.
- 38 J. C THOENIG, op. cit, p. 37.

Lecture critique du rapport parlementaire

- 1 Birraux, C. & Le Déaut, J.-Y. (2001). *L’état actuel et les perspectives techniques des énergies renouvelables*, Rapport de l’Office parlementaire d’évaluation des choix scientifiques et technologiques. Assemblée nationale (n° 3415), Sénat (n° 94), Paris, France. <http://www.assemblee-nationale.fr/rap-oecest/energies/r3415.asp>
- 2 Jean-Yves Le Déaut, député (PS) de Meurthe-et-Moselle, est Président de l’OPECST. Il a notamment été chargé en 1997 d’un rapport au Premier ministre sur la transparence du nucléaire en France.
- 3 Claude Birraux, député (UDF) de Haute-Savoie, est Vice-Président de l’OPECST, pour lequel il a rédigé depuis 1990 une dizaine de rapports sur la sûreté nucléaire et les projets de cette industrie (« rubbiatron », EPR, etc.).
- 4 Auxquelles s’ajoutent plusieurs annexes, dont le compte-rendu intégral de l’audition publique organisée par les rapporteurs le 8 novembre 2001 à l’Assemblée nationale.
- 5 Suivant en fait une classification établie par la DGEMP.
- 6 Il est toutefois précisé que la filière hydrogène s’apparente davantage à un « vecteur de stockage » qu’à une énergie renouvelable.
- 7 Scénarios de l’OCDE, du Département de l’énergie (DOE) américain, de l’IIASA pour le Conseil Mondial de l’énergie, et enfin du GIEC.
- 8 La France a battu à plusieurs reprises son record de consommation d’électricité en décembre 2001, atteignant dans la soirée du 17 décembre 77 GW appelés. Selon le RTE, lors des pics précédents des 11 et 12 décembre, avec respectivement 74,5 et 75 GW appelés pour la consommation nationale, le parc français produisait encore 6 GW à l’exportation et une marge de capacité supplémentaire de 4 GW était disponible.
- 9 Il est probablement significatif que le même constat soit simultanément présenté comme un élément nouveau dans un rapport d’information du Sénat sur un autre sujet : Lepeltier, S., *Rapport d’information fait au nom de la délégation du Sénat pour la planification sur les nuisances environnementales de l’automobile*, Sénat (n° 113), décembre 2001.
- 10 Les données présentées ici sur la consommation des transports ou du résidentiel tertiaire sont extraites du rapport qui les tire des statistiques établies, avec sa comptabilité particulière, par la DGEMP.
- 11 L’établissement de bilans énergétiques globaux implique de calculer une équivalence entre énergie thermique et énergie électrique. La DGEMP utilise une équivalence identique pour la production et la consommation, soit 1 MWh = 0,222 tep. Au niveau international, on utilise en général l’équivalence définie par l’AIE, qui donne pour la production 1 MWh = 0,086 tep.
- 12 Conférence organisée par Christian Bataille à l’Assemblée nationale le 8 novembre 2001 sur le thème de l’abandon ou de la relance du nucléaire au niveau mondial.
- 13 Voir l’encadré.
- 14 Ces deux établissements ont justement fourni 8 des 9 membres du groupe de travail réuni par les deux députés.

N° 1 Décembre 92
 Pourquoi Global Chance
 L'effet de serre et la taxe
 sur le carbone
 Les réactions à l'appel
 de Heidelberg

N° 2 Juin 1993
 Global Chance et le nucléaire
 Ecologie, environnement
 et médias
 Science, progrès
 et développement

N° 3 Mars 1994
 L'énergie en débat
 Nucléaire civil et prolifération
 Scénarios énergétiques et marges
 de liberté

N° 4 Juin 1994
 Contributions au débat sur
 l'énergie
 Agriculture, forêts et
 développement durable

N° 5 Avril 1995
 Si l'on parlait climat ?
 Le débat national énergie &
 environnement
 Les conditions d'une transition
 vers un développement durable

N° 6 Février 1996
 Numéro spécial en hommage à
 Martine Barrère

N°7 Juillet 1996
 Effet de serre : les experts ont-ils
 changé d'avis ?
 Rapports résumés du Groupe
 Intergouvernemental sur
 l'Evolution du Climat
 Commentaires et analyses

N° 8 Juillet 1997
 Développement durable et
 solidarité

N° 9 Novembre 1997
 De Rio à Kyoto
 La négociation Climat

N° 10 Mars 1998
 Le climat, risque majeur et enjeu
 politique - De la conférence de
 Kyoto à celle de Buenos Aires.
 Coédité avec le Courrier de la
 Planète

N° 11 Avril 1999
 Le nucléaire en débat - N'avons
 nous pas le temps d'élaborer des
 solutions acceptables

N° 12 Novembre 1999
 Environnement et mondialisation

N° 13 : Novembre 2000
 Faire l'économie du nucléaire ?
 Un rapport récent relance le
 débat

N° 14 : Mars 2001
 Changements climatiques
 Les politiques dans la tourmente
 Coédité avec le Courrier de la
 Planète

Les cahiers de Global Chance

2 numéros par an

NOM.....ORGANISME.....

ADRESSE.....Code postal.....Commune.....

Abonnement individuel : 25 euros

Abonnement d'institutions et d'organismes : 80 euros

Ci-joint un chèque à l'ordre de l'Association Global Chance

A facturer

TOTAL..... euros

Date.....

Signature.....

Association Global Chance, 41 rue Rouget de Lisle, 92150 Suresnes

Ce numéro spécial de Global Chance a été réalisé avec le soutien de l'Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie, organe subsidiaire de l'Agence intergouvernementale de la Francophonie, en vue d'en élargir la diffusion vers les pays en développement membres de l'Agence.

Il a également reçu le soutien du Ministère de l'environnement.

Agence intergouvernementale de la Francophonie

Opérateur principal de l'Organisation internationale de la Francophonie, l'Agence intergouvernementale de la Francophonie regroupe 50 Etats et gouvernements*, répartis sur les cinq continents, rassemblés autour du partage d'une langue commune : le français. Avec les cinq autres pays qui participent aux Sommets de la Francophonie, ce sont au total 55 Etats et gouvernements qui constituent la communauté francophone, soit un pays sur quatre dans le monde regroupant plus d'un demi milliard de personnes. Parmi eux, 170 millions font un usage plus ou moins intensif du français dans leur vie de tous les jours.

Fondée en 1970, avec pour devise : Égalité, complémentarité, solidarité, l'Agence de la Francophonie mène des actions de coopération multilatérale dans de nombreux domaines : éducation et formation, culture et multimédia, nouvelles technologies de l'information et de la communication, coopération juridique et judiciaire, droits de l'Homme et démocratie, développement et solidarité économiques, énergie et environnement.

* 50 membres :

Albanie, Bénin, Bulgarie, Burkina Faso, Burundi, Cambodge, Cameroun, Canada, Canada-Nouveau Brunswick, Canada-Québec, Cap-Vert, Centrafrique, Communauté française de Belgique, Comores, Congo, R.D. Congo, Côte-d'Ivoire, Djibouti, Dominique, Égypte, France, Gabon, Guinée, Guinée-Bissau, Guinée-équatoriale, Haïti, Laos, Liban, Luxembourg, ARY Macédoine, Madagascar, Mali, Maroc, Maurice, Mauritanie, Moldavie, Monaco, Niger, Roumanie, Rwanda, Sainte-Lucie, São Tomé et Príncipe, Sénégal, Seychelles, Suisse, Tchad, Togo, Tunisie, Vanuatu, Vietnam.

Par ailleurs, le Royaume de Belgique est membre du Sommet de la Francophonie. La Lituanie, la Pologne, la République Tchèque et la Slovaquie y sont observateurs.

Adresse : 13 Quai André Citroën - 75 015 Paris
Tél. : (33) 1 4437 3300 - Télécopie : (33) 1 4579 1498
Site internet : <http://agence.francophonie.org>

L'Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie

L'Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie (IEPF), organe subsidiaire de l'Agence intergouvernementale de la Francophonie, est né en 1988 de la volonté des chefs d'État et de gouvernement des pays francophones de conduire une action concertée visant le développement du secteur de l'énergie dans les pays membres. En 1996 cette action a été élargie à l'Environnement.

Basé à Québec, l'Institut a aujourd'hui pour mission de contribuer au renforcement des capacités nationales et au développement de partenariats dans les domaines de l'énergie et de l'environnement.

Meilleure gestion et utilisation des ressources énergétiques, intégration de l'environnement dans les politiques nationales dans une perspective durable et équitable, tels sont les buts des interventions spécifiques de l'IEPF – formation, information, actions de terrain et concertation – menées en synergie avec les autres programmes de l'Agence Intergouvernementale de la Francophonie et notamment ceux issus du chantier " Une francophonie solidaire pour soutenir les efforts du développement ".

La programmation mise en œuvre par l'équipe des collaborateurs de l'IEPF s'exprime dans 7 projets qui fondent ses activités : Politiques énergétiques, Énergie rurale, Maîtrise de l'énergie, Diffusion des outils méthodologiques de maîtrise de l'environnement, Appui à la mise en œuvre des conventions internationales, Prospectives, Information pour le développement durable.

Adresse : 56 rue Saint-Pierre, 3e étage, Québec (Qué.) G1K 4A1 Canada
Tél. : (1 418) 692 5727 - Télécopie : (1 418) 692 5644
Courriel : iepf@iepf.org
Site internet : <http://www.iepf.org>

L'association GLOBAL CHANCE

GLOBAL CHANCE est une association de scientifiques qui s'est donné pour objectif de tirer parti de la prise de conscience des menaces qui pèsent sur l'environnement global ("global change") pour promouvoir les chances d'un développement mondial équilibré.

La situation actuelle comporte des risques de voir se développer des comportements contraires à cet objectif :

- comportement fataliste, privilégiant le développement de la consommation sans prendre en compte l'environnement,
- comportement d'exclusion des pays du Sud du développement pour préserver le mode de vie occidental,
- comportement d'intégrisme écologique, sacrifiant l'homme à la nature,
- comportement de fuite en avant technologique porteuse de nouvelles nuisances et de nature à renforcer les rapports de domination Nord-Sud.

Mais la prise de conscience de ces menaces sur l'environnement global peut aussi fournir la chance d'impulser de nouvelles solidarités et de nouvelles actions pour un développement durable.

Pour GLOBAL CHANCE, un tel développement suppose :

- Le développement réel de l'ensemble des pays du monde dans une perspective humaniste,
- Le choix d'une méthode démocratique comme principe supérieur d'action,
- Le retour à un équilibre avec la nature, certes différent de celui que nous connaissons aujourd'hui, mais qui n'apparaisse pas comme incompatible avec le développement humain. Ce retour à l'équilibre prendra du temps. Mais après une phase transitoire d'adaptation une telle condition implique de tendre :
 - vers des prélèvements globaux mineurs et décroissants de ressources non renouvelables,
 - vers des rejets nuls ou mineurs d'éléments non recyclables (sur des durées de l'ordre de quelques générations) dans les processus de la nature.

Après discussion interne au sein de l'association, GLOBAL CHANCE se propose de mettre les compétences scientifiques de ses membres au service :

- d'une expertise publique multiple et contradictoire,
- de l'identification et de la promotion de réponses collectives nouvelles et positives aux menaces de changement global,

dans les domaines scientifique et technique, économique et financier, politique et réglementaire, social et culturel, dans un esprit de solidarité Nord Sud, d'humanisme et de démocratie.