

Huitième session du Forum Franco-vietnamien
17-18 novembre 2009 à Ha Long

Thème : la politique vietnamienne de l'énergie dans une stratégie de développement durable

Présentation synthétique et recommandations de politique publique

Sommaire

1.	Introduction : un critère pour distinguer une action utile d'une action trop coûteuse.....	3
1.1	La consommation d'énergie du Vietnam : situation actuelle et évolution tendancielle.....	4
1.2	« Une responsabilité commune mais différenciée » : distinguer le lieu où s'applique une décision et le financement de cette décision.....	4
1.3	Pour éviter des émissions de CO2, un critère qui distingue les actions utiles et les actions trop coûteuses	5
2.	Par rapport à l'évolution tendancielle, comment éviter 60 % des émissions de CO2 en 2050 : un scénario tendanciel et trois autres scénarios.....	6
2.1	Un scénario tendanciel : en 2050, par habitant, des émissions égales aux émissions allemandes d'aujourd'hui.....	6
2.2	Eviter près de 30 % des émissions de CO2 causées par la production d'énergie.....	7
2.3	Eviter des émissions de CO2 par la consommation des ménages	8
2.4	Peut-on éviter encore plus d'émissions dues à la production d'énergie et la consommation d'énergie par l'industrie ?.....	9
2.5	Au total, une réduction des émissions de 60 % par rapport à la tendance en 2050.....	10
3.	Quantités et coûts des productions d'électricité qui émettent peu de gaz carbonique.....	10
3.1	Le coût et les capacités de production d'électricité renouvelable	10
3.2	Produire de l'électricité à partir d'énergie fossile (gaz ou charbon) en émettant le moins possible de CO2 : rendement des centrales, capture et stockage.....	11
3.3	La production d'électricité nucléaire.....	12
3.4	Le coût de production de l'électricité, avec ou sans émission de CO2.....	13
4.	L'efficacité énergétique ; les services publics de l'énergie (éclairage, climatisation) ; l'influence de l'urbanisation sur la consommation d'énergie	14
4.1	La politique vietnamienne pour une plus grande efficacité énergétique	14
4.2	L'efficacité énergétique de petites et moyennes entreprises	15
4.3	Les services publics locaux de l'énergie : éclairage, réseaux de froid	15
4.4	La ville durable : proposition d'une nouvelle méthode pour élaborer des plans directeurs de développement urbain durable – le cas de la ville de Can Tho	16
5.	Le rôle de l'Etat ; le financement des actions utiles	17
5.1	Avoir une bonne connaissance statistique.....	18
5.2	Le régime de l'électricité au Vietnam : combiner gestion centralisée et recours à la concurrence	18
5.3	La fiscalité sur l'énergie, le prix à la consommation finale pour susciter les investissements utiles	20
5.4	Le financement par les aides internationales des actions qui évitent des émissions de CO2....	21
6.	Conclusion : développement économique et social et émissions de CO2.....	25
7.	Les recommandations - présentation synthétique.....	25

Annexes

- Production et consommations d'énergie selon plusieurs hypothèses
- Les émissions de CO2 évitées, par technique, comparées au scénario tendanciel
- Les capacités et la production d'électricité renouvelable, par moyen de production

Recommandations à signaler particulièrement, pour leur nouveauté ou les enjeux qu'elles portent :

- Engager un programme d'action complet pour pouvoir capter et stocker le plus tôt possible de très grandes quantités de CO2
- Améliorer la connaissance statistique de la consommation d'énergie
- Le régime de l'électricité : trouver un équilibre efficace entre marché concurrentiel et gestion centralisée
- Porter le prix de l'énergie à un niveau qui correspond au coût de production ; ce prix inclura de plus en plus les effets de la contrainte sur les émissions de CO2
- Mettre en place des financements qui correspondent exactement aux besoins, en protégeant autant que possible l'investisseur de l'incertitude sur les fluctuations du prix de l'énergie
- Articuler différentes formes d'aide internationale pour que le produit de la spéculation sur le CO2, qui peut être très important, bénéficie aux pays en développement et non à des intérêts privés

Propositions de suites à donner aux travaux de la session

- Affiner et compléter des scénarios de ressources et emplois d'énergie d'ici 2050
- Prolonger l'étude sur les capacités de stockage du CO2
- Donner une suite aux coopérations qui se sont engagées à l'occasion de cette session – voir ci-dessous
- Prolonger l'étude sur le régime de l'électricité.
- Entre le ministère de l'agriculture et, du côté français, le CIRAD : réaliser une étude de terrain sur la production et la consommation des différentes formes d'énergie en milieu rural ; élaborer des scénarios d'évolution en tenant compte du contexte culturel et social.

Coopérations nouées à l'occasion de la session et susceptibles de se prolonger :

- La ville de Can Tho, VIAP, l'Agence de l'urbanisme, P. Mayet (Urba 2000), et l'AFD pour étudier le développement de cette ville ;
- Le VIAP et l'Institut de l'énergie du côté vietnamien et Explicit du côté français : étude de la relation entre le mode d'urbanisation et les modes de transport ; entre la consommation d'énergie et les émissions de CO2 ;
- Bérim du côté français et l'Agence de développement urbain sur les réseaux de froid
- BRGM, EDF, Alstom, Total, le service de géologie du MONRE, Vinacomin et l'Institut vietnamien du pétrole sur le captage et le stockage du CO2
- L'AFD et le MONRE au sujet du financement des actions permettant d'éviter des émissions de CO2.

Rappel de coopérations existantes

- EnerTEAM du côté vietnamien, l'AFD et l'ADEME du côté français qui travaillent sur l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'énergie en milieu rural, notamment la biomasse.

Autres coopérations évoquées à l'occasion de cette session

- Possibilités de coopération dans le domaine de la formation dans les métiers du nucléaire
- Avec la ville de Bordeaux, qui a su grâce au tramway repousser les voitures hors du centre ville et susciter une nouvelle animation urbaine

Avant-propos

La création du Forum économique et financier franco-vietnamien a été décidée lors de la visite en France du Secrétaire général du Parti Communiste vietnamien en mars 2000. La signature d'un accord intergouvernemental en octobre 2002 à Paris, à l'occasion de la visite d'Etat du Président de la République, a officialisé la seconde phase du Forum. Les sessions du Forum ont pour objet de donner des avis aux autorités publiques du Vietnam sur leurs politiques publiques économique et financière.

Le Forum est aujourd'hui présidé par M. Nguyen Bich Dat, vice ministre du plan et de l'investissement, et par M. Christian Jacob, président de la commission du développement durable et de l'aménagement du territoire de l'Assemblée nationale.

La huitième session du forum s'est tenue à Ha Long les 17 et 18 novembre 2009 sur le thème « énergie et développement durable ». L'Institut de Stratégie du développement (ISD) et l'antenne Vietnam du GIP ADETEF ont assuré son organisation.

La session a bénéficié du concours de l'Agence Française de développement (AFD). Celle-ci, très concernée par la lutte contre le changement climatique, avait organisé et animé en avril 2008, conjointement avec EECO (Energy Efficiency and conservation office, du ministère vietnamien de l'industrie et du commerce), un séminaire sur les économies d'énergie.

La session a été préparée par une vingtaine d'études réalisées par la partie française ou par la partie vietnamienne et relues et commentées par l'autre partie ; certaines études ont été menées conjointement par les deux parties.

Pour la première fois depuis la création du Forum, des entreprises ont été associées à la préparation de la session, à travers des études et des présentations.

Elle a également été précédée par la visite d'une délégation vietnamienne en France, dirigée par le coprésident vietnamien, et à laquelle a pris part, notamment le président de l'ISD. Cette délégation a été reçue par le maire de Bordeaux et par les responsables professionnels du massif forestiers landais. Elle a également visité l'installation pilote de captage et stockage du CO2 de Total à Lacq ainsi que les entreprises Citelum, spécialiste de l'éclairage public et Vergnet, producteur d'éoliennes.

Au plan matériel et logistique, la session s'est déroulée dans d'excellentes conditions. Le lieu choisi, au bord de la baie de Halong, une des plus belles baies du monde, à proximité d'un port minier, de puissantes exploitations de mines de charbon et de la centrale thermique de Quang Ninh, était par lui-même représentatif des équilibres à ménager ou à retrouver entre le développement industriel et la protection de l'environnement. L'emploi du temps des deux jours a été parfaitement respecté.

Les participants disposaient d'un dossier « papier » composé, en français ou en vietnamien, des présentations projetées sur écran et des résumés des études. Ils ont également reçu une clé USB contenant ces documents, ainsi qu'un ouvrage de l'AFD publiant les minutes du séminaire d'avril 2008 sur l'efficacité énergétique. Pendant la session, les projections étaient faites en français et en vietnamien et l'exposé oral bénéficiait d'une traduction simultanée.

Un dossier complet sera prochainement publié sur Internet.

1. Introduction : un critère pour distinguer une action utile d'une action trop coûteuse

Le thème choisi pour la huitième session du Forum, « l'énergie et le développement durable », s'inscrit dans la réflexion du gouvernement vietnamien sur le prochain programme décennal de développement socio-économique (2011-2020). Par ailleurs, à quelques semaines de la réunion de Copenhague sur le climat ces sujets étaient particulièrement d'actualité.

Le sujet a été abordé de façon à pouvoir apporter des éléments de réponse à cette question : *quelles décisions prendre dès aujourd'hui pour que la politique énergétique du Vietnam s'inscrive dans l'effort mondial de lutte contre les émissions de gaz à effet de serre sans entraver le rapide développement dans lequel il est engagé depuis plus de quinze ans ?*

Aujourd'hui les émissions de gaz carbonique (CO₂) du Vietnam sont très faibles. Pourtant ce pays est très concerné par la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre pour plusieurs raisons. Tout d'abord, le Vietnam est un des pays qui seront le plus affectés par les conséquences du réchauffement climatique – phénomènes climatiques extrêmes, perturbations du débit des grands fleuves descendant de l'Himalaya et, surtout, hausse du niveau de la mer. Par ailleurs, toute action qui évite des émissions de gaz carbonique bénéficie au monde entier même si elle est menée dans un pays qui émet beaucoup moins de CO₂ que d'autres pays. Enfin, comme le Vietnam prévoit que sa consommation d'énergie augmentera beaucoup pour accompagner son développement économique, il cherchera à maîtriser l'augmentation de ses émissions de CO₂.

Tout d'abord, il faut se demander comment distinguer les actions utiles au monde en général des actions inutilement coûteuses. Un critère a été proposé en introduction à cette session.

Muni de ce critère, il est possible d'imaginer des scénarios qui conduisent à émettre moins de CO₂ qu'une évolution tendancielle sans remettre en question le rythme de développement économique (premier atelier). Il est alors apparu que les leviers les plus efficaces sont de réduire les émissions de CO₂ dues à la production d'électricité (deuxième atelier), d'utiliser de façon plus efficace l'énergie, notamment celle de la biomasse, et de choisir des modes d'urbanisation sobres en énergie (troisième atelier). Le dernier atelier de la session a été consacré à la gouvernance publique et au financement des actions qui permettront de limiter la croissance des émissions de CO₂.

1.1 La consommation d'énergie du Vietnam : situation actuelle et évolution tendancielle

Il est prévu qu'en 2010 la consommation finale d'énergie du Vietnam sera, pour 85 millions d'habitants, de 49 Mtep (millions de tep) dont 13 provenant de la biomasse, 6,8 du charbon, 16 de produits pétroliers et 7,5 sous forme d'électricité. Près de 40 % de l'électricité est produite à partir d'énergie hydraulique. Les émissions de CO₂ causées par la consommation d'énergie sont de 120 MtCO₂ (millions de tonnes de CO₂) soit 1,4 tCO₂/hab/an (1,4 tCO₂ par habitant et par an).

A titre de comparaison, en France, pays où l'électricité est produite pour plus de 90 % à partir d'énergie hydraulique ou nucléaire, les émissions sont de 6 tCO₂/hab/an. En Allemagne, elles sont de 10 tCO₂/hab/an et aux États-Unis de 20 tCO₂/hab/an.

Selon une projection tendancielle réalisée par l'Institut de l'énergie, les émissions du Vietnam en 2050 seraient de 10 tCO₂/hab/an. Il sera possible d'émettre moins, bien sûr, mais au prix d'un surcroît de dépenses.

1.2 « Une responsabilité commune mais différenciée » : distinguer le lieu où s'applique une décision et le financement de cette décision

Pour éviter un réchauffement aux conséquences trop dommageables, les scientifiques recommandent de diviser par deux les émissions mondiales d'ici 2050. Elles devraient donc passer de 30 GtCO₂/an

(milliards de tonnes de CO₂ par an) à 15 GtCO₂/an à une époque où la population mondiale pourrait être de 9 milliards d'habitants. Les émissions moyennes devraient donc être alors de 1,7 tCO₂/hab/an, c'est-à-dire à peine supérieures aux émissions actuelles du Vietnam.

Il est évidemment inenvisageable que le Vietnam ne dépasse jamais cette valeur. Cependant celle-ci ne doit pas être perdue de vue pour servir d'objectif à plus long terme car le Vietnam est résolu à participer à l'effort mondial de lutte contre les émissions de CO₂.

Le principe de « *responsabilité des Etats, commune mais différenciée* » retenu par la convention de Rio (1992) conduit à *distinguer le lieu où s'applique une décision qui permet d'éviter des émissions de CO₂ de l'origine du financement de cette décision.*

Le Vietnam est donc prêt à prendre les décisions qui participent à l'effort mondial de lutte contre les émissions de CO₂ sous réserve que soit trouvée par ailleurs une part suffisante du financement de ces décisions. C'est pourquoi tout au long de la session seront étudiés les coûts puis les possibilités de financement des décisions à prendre.

1.3 Pour éviter des émissions de CO₂, un critère qui distingue les actions utiles et les actions trop coûteuses

Si l'on classe par ordre de coût croissant les décisions à prendre partout dans le monde pour diviser les émissions globales par deux, il apparaît un critère de coût qui permet de distinguer celles qui sont utiles au monde en général et celles qui sont inutilement coûteuses.

Selon les rapports du GIEC, le rapport de Nicholas Stern et d'autres études sur la façon de diviser les émissions par deux d'ici 2050, le « coût du gaz carbonique » serait de l'ordre de 150 \$/tCO₂. Cela signifie que les décisions qui coûtent moins cher que ce que l'on dépenserait si l'on appliquait un impôt égal à ce montant à toute émission de gaz carbonique suffiraient à diviser les émissions totales par deux. Comme le rappelle explicitement N. Stern, cela serait vrai si le prix du pétrole, du gaz ou du charbon était égal à ce que serait le prix sur un marché concurrentiel parfait, c'est-à-dire sans rente de monopole ou de rareté. Ce prix serait proche du coût d'extraction complet (y compris les dépenses de prospection et les investissements de production)¹. Pour le pétrole, on peut évaluer ce coût à 70 \$/bl. Un impôt de 150 \$/tCO₂, soit 550 \$ par tonne de carbone augmenterait le prix du pétrole de 80 \$/bl (car il faut consommer sept barils pour émettre une tonne de carbone).

Pour éviter d'émettre du CO₂ en évitant de consommer de l'énergie fossile, une décision utile est donc une décision qui coûte moins que ce que coûterait l'utilisation d'une énergie fossile (pétrole, gaz ou charbon) si son prix était de 150 \$/bl pour le pétrole, et à un niveau équivalent pour le gaz ou le charbon. *Voilà donc un critère indépendant du prix réel du pétrole, du gaz et du charbon.*²

Si le prix des énergies fossiles était à ce niveau, le coût de production du fioul ou du carburant serait voisin de 1,2 \$/l, le coût de production d'électricité à partir de gaz serait voisin de 12 ou 13 c\$/kWh.

En conséquence, selon ce critère, pour diminuer la consommation d'énergie fossile il sera utile de faire les investissements qui seraient économiquement rentables si le prix du fioul ou celui du carburant « sortie raffinerie »³ était de 1,2 \$ par litre. Il sera également utile de produire de l'électricité sans émission de gaz carbonique si son coût de production est inférieur à 12 ou 13 c\$/kWh.

¹ Plus précisément le coût complet d'extraction (y compris le coût des investissements) de la mine ou du gisement en fonctionnement dont le coût d'extraction est le plus élevé : c'est un coût marginal de développement.

² Ce raisonnement est simplifié ; un raisonnement plus sophistiqué tiendrait compte d'un taux d'actualisation, des perspectives de progrès technique, etc.

³ Avant les frais de distribution et hors TVA.

Ce critère s'applique à toute décision qui permet d'éviter de consommer de l'énergie fossile, soit en diminuant la consommation d'énergie soit en remplaçant de l'énergie fossile par une autre forme d'énergie. *Il servira de fil directeur, de repère, tout au long de la session.*

Il montre jusqu'où peuvent utilement s'élever les dépenses permettant d'économiser de l'énergie et il permet de fixer un plafond au coût de production de biocarburant et au coût de production d'électricité à partir d'énergie renouvelable ou à partir de charbon avec capture et stockage du gaz carbonique.

Quelles sont les actions à mener au Vietnam qui respectent ce critère ? Quelles seront alors les émissions du Vietnam ?

2. Par rapport à l'évolution tendancielle, comment éviter 60 % des émissions de CO2 en 2050 : un scénario tendanciel et trois autres scénarios

Il était convenu de rechercher comment limiter la croissance des émissions de CO2 du Vietnam sans remettre en cause ses prévisions de croissance économique. Le PIB par habitant était en 2005 de 539 \$⁴. Selon le scénario dressé par l'Institut de l'énergie, il pourrait augmenter au rythme de 7 % par an jusqu'en 2030, puis de 6,5 % par an et 5 % par an dans les deux décennies suivantes. La population serait alors de 130 Millions et le PIB par habitant serait de 5800 \$. A titre de comparaison, en France, le PIB est aujourd'hui de 29 000 euros par habitant.

Sur ces hypothèses, l'Institut de l'énergie a bâti un scénario tendanciel. Trois autres scénarios ont été esquissés pour mettre en lumière comment limiter l'augmentation des émissions – voir en annexe.

2.1 Un scénario tendanciel : en 2050, par habitant, des émissions égales aux émissions allemandes d'aujourd'hui

En 2010, la consommation d'énergie au Vietnam sera de 49 Mtep pour 85 millions d'habitants.

D'ici 2050, une évolution tendancielle, sans tenir compte de l'effet de serre, la porterait à 279 Mtep pour 130 millions d'habitants. Elle passera ainsi de 0,48 tep/p/an⁵, ce qui est très peu, à 2,15 tep/p/an. A titre de comparaison, en France la consommation d'énergie est aujourd'hui de 2,6 tep/p/an.

Le Vietnam prévoit d'augmenter *beaucoup* sa consommation d'électricité. Elle passerait de 85 TWh⁶ en 2010 à 1400 TWh en 2050. Dans les secteurs résidentiel et tertiaire elle deviendrait presque égale, par habitant, à ce qui est consommé aujourd'hui en France mais, dans l'industrie, elle serait *très supérieure*.

Pour ce qui est de la production de chaleur, la biomasse et le biogaz fourniraient une quantité à peu près constante, au niveau de 11 à 12 Mtep. La production de biocarburant passerait à 7,7 Mtep. L'usage thermique de l'énergie solaire, pour des chauffe-eau solaires, serait de 0,4 Mtep.

Pour produire de l'électricité, le scénario tendanciel prévoit d'exploiter au maximum l'énergie hydraulique des grands fleuves y compris au Laos ; la production pourrait atteindre 80 TWh/an et les importations 46 TWh/an. D'importantes quantités de déchets agricoles pourraient être utilisées pour produire de l'électricité. Néanmoins, à part la grande hydraulique, les autres ressources renouvelables (petite hydraulique, éolien, biomasse, biogaz) produiraient moins de 35 TWh/an. Le Vietnam a décidé

⁴ \$ valeur 2000 ; le PIB par habitant a atteint 1000 \$ courants en 2009.

⁵ Tep par habitant et par an

⁶ Un térawatt-heure (TWh) vaut un million de mégawatt-heure (MWh). Une tep (tonne d'équivalent pétrole) vaut 11,6 MWh.

de produire de l'électricité nucléaire. Son objectif est de mettre la première centrale en exploitation en 2020. Le scénario tendanciel prévoit en 2050 une production d'électricité nucléaire de 140 TWh/an, la capacité de production étant de 20 GW. Pour la plus grande partie, 1100 TWh/an sur 1400, l'électricité serait produite à partir de charbon et à partir de gaz, à parts à peu près égales.

La production nationale de gaz et de charbon ne suffira pas aux besoins du Vietnam ; il lui faudra en importer.

Les émissions de gaz carbonique, surtout dues à la production d'électricité, s'élèveraient en 2050 à 1370 tCO₂/an soit 10,5 tCO₂/hab/an.

Ce chiffre peut être comparé à l'objectif moyen d'émission de CO₂ en 2050 à l'échelle mondiale : 1,7 tCO₂/hab/an comme nous l'avons dit plus haut. Comment s'en rapprocher ? D'autres scénarios ont été esquissés en passant en revue les différents moyens de produire et de consommer de l'énergie.

2.2 Eviter près de 30 % des émissions de CO₂ causées par la production d'énergie

L'Institut de l'énergie a préparé un scénario qui se différencie du scénario tendanciel par la façon dont est produite l'énergie : chaleur, biocarburant et électricité. Il existe trois méthodes pour produire de l'énergie avec moins d'émissions de CO₂ : utiliser plus d'énergie renouvelable, capter et stocker le gaz carbonique, produire plus d'électricité nucléaire.

2.2.1 Les énergies renouvelables

Les ressources en énergie renouvelable du Vietnam sont *a priori* relativement importantes : nombreux cours d'eau dévalant des montagnes, géothermie à faible profondeur, façade maritime bien ventée, soleil abondant, surfaces étendues de terres non encore cultivées, déchets de l'agriculture et de l'élevage. Mais, selon le scénario tendanciel, à part la biomasse pour se chauffer et pour produire du biogaz et à part l'énergie hydraulique des grands barrages, ces ressources sont très peu exploitées (moins du million de tep). De plus elles sont très mal connues.

a. La biomasse pour produire de la chaleur et du biocarburant

Une étude réalisée par EnerTEAM et M. LOUVEL montre que **la biomasse** est utilisée de façon inefficace et que ses ressources ne sont pas totalement exploitées. Un important programme de production de biogaz obtient de bons résultats ; des actions sont engagées pour améliorer le rendement des fours. Ces actions sont rentables avec le prix actuel de l'énergie fossile.

Aujourd'hui, le Vietnam souffre d'une déforestation illégale. Cette tendance pourrait être inversée par une utilisation beaucoup plus efficace de la biomasse et par le programme de reforestation de 5 millions d'hectares qui a été décidé récemment.

D'autres actions seraient utiles, c'est-à-dire, conformément au critère indiqué plus haut, des actions qui seraient rentables si le prix à la consommation du fioul et du carburant était de 1,2 \$ par litre hors taxe.

Le Vietnam a un programme de développement de la production de **biocarburant** mais les possibilités de production de biomasse ne sont pas encore explorées. Elles seront limitées par la disponibilité en sols car la priorité doit être donnée à la production alimentaire alors que la population continuera de s'accroître et que des surfaces cultivables risquent de disparaître du fait de la hausse du niveau de la

mer. Le scénario préparé par l'Institut de l'énergie suppose que la production de biocarburant de première ou de seconde génération⁷ sera de 11,7 Mtep au lieu de 7,7 Mtep dans le scénario tendanciel.

b. Les autres énergies renouvelables, pour produire de l'électricité

Les énergies renouvelables pouvant produire de l'électricité sont très variées : hydraulique de grands barrages ou micro hydraulique, déchets de biomasse, déchets urbains, éoliennes, géothermie, cellules photovoltaïques, énergie de la mer. Le scénario tendanciel utilise pleinement les possibilités de la grande hydraulique. Comme on le verra dans la partie suivante, si l'on mène au Vietnam toutes les actions utiles définies conformément au critère qui nous sert de guide, la capacité de production d'électricité renouvelable installée en 2050, hors la grande hydraulique, permettra de produire 55 TWh de plus et d'éviter l'émission de 24 MtCO₂ – voir un détail par type d'énergie renouvelable ci-dessous § 3.1.

2.2.2 Le captage et le stockage du CO₂ (CCS) et l'électricité nucléaire

Une étude cartographique réalisée par le BRGM, en collaboration avec le service de géologie du MONRE a montré que les possibilités de stockage géologique de CO₂ au Vietnam sont probablement très grandes (vois ci-dessous § 3.2.2). L'Institut de l'énergie retient donc l'hypothèse que la moitié du CO₂ qui serait émis par les centrales au charbon dans le scénario tendanciel en 2050 sera captée et stockée. Les quantités captées et stockées seront donc, selon ces hypothèses, de 210 MtCO₂ par an en 2050.

Si la capacité nucléaire en 2050 est, non pas de 20 GW comme dans le scénario tendanciel, mais de 40 GW, les émissions seront réduites de 130 MtCO₂.

2.2.3 Au total

Comparées à celles du scénario tendanciel, les émissions de CO₂ pourraient être réduites

- de 14 MtCO₂ par plus de production de biocarburant
- de 24 MtCO₂ par plus d'électricité renouvelable
- de 130 MtCO₂ par plus de nucléaire
- de 210 MtCO₂ par le captage et le stockage de CO₂

Soit en tout de 380 MtCO₂ sur 1370 MtCO₂, près de 30 %. Les émissions seraient alors de 990 MtCO₂ c'est à dire 7,6 tCO₂ par habitant et par an.

2.3 Eviter des émissions de CO₂ par la consommation des ménages

Pour avoir une vision globale des leviers permettant d'éviter des émissions de CO₂, les hypothèses faites sur la production doivent être complétées par des hypothèses sur la consommation d'énergie. Un des scénarios présentés envisage que la consommation dans les secteurs de l'habitat et du transport de personnes sera inférieure à celle qui est supposée dans le scénario tendanciel.

Le bureau d'études Explicit, en se référant à d'autres pays en développement, est en mesure de donner, en ordre de grandeur, une évaluation de la consommation d'énergie selon plusieurs paramètres : l'efficacité des appareils consommant de l'énergie, la conception des immeubles, les modes de transport et, surtout, le type d'urbanisation. A partir des hypothèses de l'Institut de l'énergie et d'informations ou

⁷ On appelle « biocarburant de seconde génération » un biocarburant produit avec une technique qui permet d'utiliser toute la biomasse, y compris la cellulose et la lignine. Une méthode est la gazéification de la biomasse suivie de synthèse ; l'énergie de ce procédé peut être apportée de l'extérieur, ce qui augmente la quantité de carburant produite par unité de masse végétale.

d'hypothèses sur l'évolution de la population urbaine et rurale et sur la structure de l'habitat, Explicit a reconstitué la consommation des ménages en chaleur, en électricité et en transport, ce qui permet de voir comment diminuer leurs besoins de consommation d'énergie.

La population urbaine augmentera de près de 1 million d'habitants par an, passant de 22 millions en 2005 à 61 millions en 2050. Il est probable que la taille des ménages, qui est aujourd'hui supérieure à 4, diminuera, ce qui augmentera encore les besoins en logements. Par rapport au scénario tendanciel, il semble possible de faire des économies d'énergie grâce à une plus grande efficacité des moyens de cuisson et des appareils électriques et grâce à la conception des immeubles pour limiter les besoins de climatisation. La consommation dans l'habitat passerait alors de 17 Mtep aujourd'hui à 30 Mtep en 2050 au lieu de dépasser 50 Mtep dans le scénario tendanciel. La consommation évitée, par rapport à l'évolution tendancielle, sera surtout de l'électricité. Les émissions évitées seraient de 130 MtCO₂.

La consommation d'énergie pour le transport des personnes dépend énormément de la forme des villes. L'étalement urbain augmente les distances parcourues, rend difficile l'utilisation de transports en commun, ce qui multiplie le nombre d'automobiles dont la circulation ne peut être limitée que par les encombrements, qui font encore augmenter la consommation d'énergie. Au contraire, dans une ville dense, il est possible d'accéder aux commerces ou aux services à pied, à vélo ou en transport en commun. *Le Vietnam se trouve à une étape de son développement qui lui permet de choisir son mode d'urbanisation.* Les besoins de transport de personnes pourraient alors passer de 1 Mtep aujourd'hui à 9 Mtep au lieu de 30 Mtep selon le scénario tendanciel. Les émissions évitées seraient de 73 MtCO₂.

L'Institut de l'architecture, de la planification urbaine et rurale (VIAP) confirme dans son commentaire l'influence du type d'urbanisation sur les consommations d'énergie. Il fait part de son intention de continuer de travailler avec Explicit pour affiner et compléter cette première étude.

Selon les hypothèses d'Explicit sur la consommation d'énergie des ménages, les émissions évitées, comparées à celles du scénario tendanciel, seraient donc de 200 MtCO₂, soit 15 % des émissions tendancielles.

Si l'on introduit les hypothèses d'Explicit dans le scénario qui réduit les émissions en agissant sur la production d'énergie, les émissions totales seraient alors de 790 MtCO₂ ; c'est 40 % de moins que selon le scénario tendanciel, mais cela représente encore 6,1 tCO₂/hab/an.

2.4 Peut-on éviter encore plus d'émissions dues à la production d'énergie et la consommation d'énergie par l'industrie ?

Peut-on produire encore plus d'électricité nucléaire ? Une augmentation supplémentaire de 10 GW de la capacité nucléaire remplaçant une production à partir de gaz éviterait 35 MtCO₂.

Peut-on produire plus de biocarburant ? *Si elle est possible*, la mise en culture de deux millions d'hectares de plus pour produire du biocarburant avec des procédés qui utilisent complètement la biomasse (biocarburant « de seconde génération ») permettrait de produire plus de 10 Mtep de biocarburant, ce qui porterait la production à 21,5 Mtep et éviterait, par rapport au scénario précédent, l'émission de 40 MtCO₂.

Note : après la session, quelques commentaires ont été faits au sujet de la consommation d'énergie par l'industrie ; il paraît utile d'en rendre compte.

Les travaux préparatoires à la session n'ont pas étudié la consommation d'énergie par l'industrie. Selon les hypothèses du scénario tendanciel, celle-ci serait en 2050 de 123 Mtep soit, par habitant, une fois et demi ce qu'elle est aujourd'hui, en France. La consommation d'électricité serait en 2050, par habitant, 3 fois supérieure à celle de la France aujourd'hui. Si l'on fait l'hypothèse que la consommation d'énergie par l'industrie sera en 2050 de 0,7 tep par habitant et par an (10 % de plus que la France aujourd'hui), soit 90 Mtep, dont 60 Mtep d'électricité, cela fera 33 Mtep d'énergie de moins que dans le scénario

tendanciel, dont 16 Mtep (185 TWh) d'électricité. Les émissions causées par la consommation d'énergie par l'industrie seraient alors, en 2050, *inférieures de 190 MtCO₂ à celles du scénario tendanciel.*

Ensemble, ces trois hypothèses permettraient d'éviter des émissions à hauteur de 270 MtCO₂. Celles-ci seraient alors de 520 MtCO₂/hab/an soit 4 tCO₂ par habitant et par an, 60 % de moins que selon le scénario tendanciel.

2.5 Au total, une réduction des émissions de 60 % par rapport à la tendance en 2050

	Emissions MtCO ₂		Emissions évitées
	Totales	par habitant	
Scénario de référence	1370 MtCO ₂	10,5 tCO ₂	
Hypothèses Institut de l'énergie (IE)	990 MtCO ₂	7,4 tCO ₂	380 MtCO ₂
Hypothèses IE et Explicit	790 MtCO ₂	6,2 tCO ₂	580 MtCO ₂
Toutes hypothèses additionnées	520 MtCO ₂	4 tCO ₂	850 MtCO ₂

On rappelle que tous les scénarios reposent sur les mêmes hypothèses de croissance démographique (la population passe de 85 à 130 millions d'habitants) et de PIB (le taux de croissance passe de 7% par an à 5 % par an d'ici 2050 ; le PIB par habitant atteint 5800 \$2000 en 2050). Les hypothèses de l'Institut de l'énergie sur la production d'électricité et celles d'Explicit sur la consommation sont le résultat d'études ; les hypothèses complémentaires se fondent seulement sur des comparaisons sommaires ; elles ont été ajoutées comme test de sensibilité.

En comparaison à une évolution tendancielle qui utilise au maximum les possibilités de la grande hydraulique et prévoit une rapide augmentation de la consommation, c'est par centaines de millions de tonnes qu'il faut éviter les émissions de CO₂ si l'on veut se rapprocher de la barre de 4 tCO₂/hab/an – dans la perspective plus lointaine d'atteindre la cible de 1,7 tCO₂/hab/an, valeur moyenne des émissions mondiales lorsque celles-ci seront divisées par deux.

Selon ces scénarios, même selon celui qui émet le moins de CO₂, les énergies renouvelables autres que la biomasse et la grande hydraulique ne fourniront que 3 % ou 4 % de l'énergie consommée.

Pour limiter les émissions de CO₂, les moyens les plus puissants seront la maîtrise de la consommation dans l'habitat, le choix du mode d'urbanisation, le stockage du CO₂, le nucléaire, la grande hydraulique, la biomasse et une industrie qui consommera beaucoup moins que ce qui est envisagé dans le scénario tendanciel.

Les parties suivantes sont consacrées à la production d'électricité et à la maîtrise de la consommation d'énergie notamment en milieu urbain.

3. Quantités et coûts des productions d'électricité qui émettent peu de gaz carbonique

Selon le scénario tendanciel, la consommation d'électricité pourrait passer de 85 TWh en 2010 à 1500 TWh en 2050. Dans les trois scénarios qui émettent moins de CO₂ que le scénario tendanciel, la consommation d'électricité serait voisine de 1300 TWh. Le coût d'une électricité émettant peu de gaz carbonique est donc une question critique. Nous comparerons le coût de production à la référence qui nous sert de critère : un coût de 12 ou 13 c\$/kWh si la production est raccordée au réseau – voir ci-dessus l'introduction.

3.1 Le coût et les capacités de production d'électricité renouvelable

Une étude de l'Institut des sciences pour l'énergie montre que l'on peut classer en quatre catégories les sources d'énergie :

- La micro hydraulique peut avoir un coût de production proche du coût de l'électricité qu'elle remplace ; les capacités respectant le critère de coût (c'est-à-dire coûtant moins de 12 ou 13 c\$/kWh) sont de l'ordre de 4 GW.

- La biomasse, le biogaz, la géothermie, les déchets urbains ou industriels sont plus chers mais respectent le critère de coût ; la capacité totale pourrait être de 7,5 GW.

- Le solaire et l'utilisation de l'énergie de la mer coûteront beaucoup plus cher. D'ici 2050, on ne peut guère prévoir de percées technologiques qui permettent d'abaisser suffisamment les coûts, sauf peut-être dans les zones qui ne peuvent pas être raccordées au réseau électrique.

- L'éolien est à la frontière : dans des conditions favorables il respecte aujourd'hui le critère de coût ; il se développera vraiment si le coût de production diminue, ce qui semble possible. C'est pourquoi il est difficile d'évaluer les possibilités de production d'électricité éolienne. EVN envisage une capacité installée de 2 GW alors que la Banque mondiale envisage près de 10 GW. Les scénarios « moins de CO2 » font l'hypothèse d'une capacité éolienne installée de 6 GW.

Les hypothèses faites par l'Institut de l'énergie, cohérentes avec l'étude réalisée par l'Institut des sciences pour l'énergie, conduisent aux résultats suivants :

- Selon le scénario tendanciel : la puissance installée (hors la grande hydraulique) est de 4,2 GW et la production de 18 TWh.

- Selon un scénario où seraient exploitées toutes les sources d'électricité renouvelables produisant une électricité à un coût inférieur à notre valeur de référence (12 ou 13 \$/MWh), la capacité installée, hors la grande hydraulique, serait de 18 GW et la production de 72 TWh, soit un peu moins de 5% du total de la production d'électricité. La grande hydraulique en produirait 7 %.

Un détail par mode de production est présenté en annexe.

A part la grande hydraulique, le coût de production d'électricité à partir d'une source d'énergie renouvelable sera généralement supérieur au coût de production de l'électricité d'origine fossile remplacée. Se pose alors la question du financement de ce surcoût. Cette question a été abordée au cours du quatrième atelier de la session.

3.2 Produire de l'électricité à partir d'énergie fossile (gaz ou charbon) en émettant le moins possible de CO2 : rendement des centrales, capture et stockage

3.2.1- Le rendement des centrales ; préférer le gaz au charbon ?

Le Vietnam dispose aujourd'hui de suffisamment de charbon pour ses besoins de production d'électricité et ce charbon est vendu à l'entreprise EVN à son prix coûtant – et sans doute en dessous. Mais cette situation changera bientôt de sorte que le Vietnam devra être beaucoup plus attentif au rendement énergétique des centrales au charbon, ce qui aura un effet favorable sur les émissions de CO2. Lorsque le rendement passe de 30 % à 45 % voire au-delà (ce qui est possible avec les nouvelles centrales au charbon « supercritiques » comme l'ont rappelé EDF et Alstom), la consommation de charbon, donc les émissions de CO2, sont réduites de 30 %.

Une autre façon de réduire les émissions de CO2 pourrait être de donner la préférence aux centrales au gaz. En effet, si l'on attribue un coût aux émissions de CO2, l'électricité produite par une centrale au gaz est moins coûteuse que celle d'une centrale au charbon. Il faut néanmoins tenir compte du fait que les ressources mondiales en gaz pourraient s'épuiser dans les décennies à venir alors que les ressources

en charbon sont beaucoup plus abondantes. Par ailleurs, pour que les émissions mondiales soient divisées par deux, le coût attribué aux émissions de CO₂ sera tel qu'il deviendra sans doute plus intéressant de produire de l'électricité à partir de charbon en captant et stockant le gaz carbonique que de produire de l'électricité à partir de gaz, sauf si la centrale ne doit fonctionner qu'une partie du temps : dans ce cas, une centrale au gaz sera préférable – voir ci-dessous § 3.4.

Il était donc essentiel d'étudier si la possibilité de capter et de stocker du CO₂ est une option prometteuse au Vietnam.

3.2.2- Le captage et le stockage du gaz carbonique, CCS⁸

EDF a exposé les différentes méthodes de captage du CO₂. Il est possible de le capter dans les fumées de combustion du charbon⁹ ; il faut alors le séparer de l'azote et de la vapeur d'eau. Une autre méthode consiste à séparer l'azote et l'oxygène avant la combustion ; il suffit alors, après la combustion, de séparer le CO₂ de la vapeur d'eau, ce qui est facile ; c'est l'« oxycombustion ». Une troisième méthode consiste à transformer le charbon en un gaz, un mélange d'hydrogène, de CO₂ et de vapeur d'eau, d'où l'on extrait le CO₂ avant la combustion. Les trois méthodes font l'objet de travaux intenses. Seule la première méthode est applicable aux chaudières qui commencent à fonctionner avant que le CO₂ ne puisse être stocké ; il suffit dans ce cas que ces chaudières aient été conçues pour pouvoir être complétées par une installation qui traite les fumées – on dit qu'elles sont « CCS ready ». Tout en suivant de près les travaux réalisés sur les trois techniques, EDF pense aujourd'hui que la meilleure technique est celle de l'oxycombustion.

Les techniques de stockage ont été présentées par le BRGM : stockage dans des gisements de pétrole ou de gaz déjà exploités, dans des gisements de charbon, ou dans des terrains aquifères impropres à la fourniture d'eau potable et éloignés des failles géologiques. Ces sites doivent être assez profonds pour que la pression exercée sur le CO₂ le mette dans un état supercritique, ressemblant à l'état liquide. En terrains aquifères, le CO₂ se dissout progressivement dans l'eau et, sur le très long terme, se stabilise durablement sous forme de carbonate.

L'étude faite par le BRGM en coopération avec le service de géologie du MONRE a recherché les zones *a priori* favorables au stockage du CO₂ et situées à proximité des lieux d'émission du CO₂ pour limiter le coût du transport. La « bonne nouvelle » est que cette première étude fait apparaître des possibilités de stockage d'une très grande capacité dans des terrains aquifères profonds.

L'institut Vietnamien du pétrole a fait état du déroulement très favorable des études qu'il mène pour stocker du CO₂ dans les gisements de pétrole off-shore du Sud.

Dans ses commentaires, Vinacomin a estimé que cette technique du captage et du stockage du CO₂ est très prometteuse pour le Vietnam.

Beaucoup de travail sera nécessaire avant de stocker du CO₂. Cela commencera par un inventaire des sites et des campagnes de sismique puis une étude *in situ* avec des puits de reconnaissance. Parallèlement il faudra créer un cadre juridique et réglementaire pour décrire le processus de décision, fixer les normes de sécurité, régler les relations avec les populations alentour, etc.

3.3 La production d'électricité nucléaire

⁸ Carbon capture and storage

⁹ Le CCS consomme beaucoup d'énergie ; il est donc beaucoup moins intéressant si la centrale est au gaz car l'énergie fournie par du gaz coûte beaucoup plus cher que l'énergie fournie par du charbon.

Comme l'a rappelé le VAEC, depuis une décision du Premier ministre du 29 mai 2001, le Vietnam se prépare à produire de l'électricité nucléaire. En effet, la production d'électricité nucléaire est la méthode la plus sûre et la moins coûteuse pour disposer d'électricité sans émettre de gaz à effet de serre tout en se préservant des incertitudes sur l'approvisionnement en gaz ou en charbon. Le 3 janvier 2006, le Premier ministre a approuvé la Stratégie des applications de l'énergie atomique à des fins pacifiques avec comme objectif de mettre en exploitation une centrale nucléaire en 2020. Cette stratégie comprend 23 projets dont 14 visent directement le développement des infrastructures nucléaires. Le projet de construire une centrale nucléaire à Ninh Thuan a été approuvé en novembre 2009 par l'Assemblée nationale ; le maître d'ouvrage de cette construction sera EVN.

Selon le VAEC, le Vietnam pourrait tout d'abord retenir une technologie éprouvée de génération II+ avant de choisir des générateurs de troisième génération. La sécurité est une préoccupation majeure. Le VAEC note que le Vietnam doit encore former du personnel pour disposer d'une main d'œuvre hautement qualifiée, renforcer la compétence des organismes de recherche, promulguer des textes normatifs et législatifs conformes aux règles internationales, approfondir la coopération internationale, créer les agences et instituts indépendants chargé de la sécurité, de la recherche, de la formation, de l'appui technique. Il faudra également aménager des lieux de stockage pour les déchets radioactifs.

L'ambassadeur de France a rappelé l'expérience française : la décision prise après le premier choc pétrolier, en 1974, d'engager un très puissant programme de construction de centrales nucléaires met la France dans une position unique au monde puisque, grâce à l'hydraulique et au nucléaire, plus de 90 % de l'électricité qu'elle consomme n'émet pas de gaz carbonique. La France dispose donc non seulement de la technique mais aussi de la capacité à gérer et à contrôler le fonctionnement de cette activité.

Une coopération entre la France et le Vietnam s'est nouée depuis longtemps, entre le VAEC et le CEA notamment. Récemment, une mission d'élus locaux français s'est rendue au Vietnam pour évoquer avec les élus vietnamiens la relation entre la production nucléaire et la population. Surtout, la France a organisé son potentiel de formation d'ingénieurs et techniciens du nucléaire civil. Elle le met à la disposition du Vietnam. Il sera possible d'étudier conjointement les besoins de formation du Vietnam et de bâtir des programmes de formation commençant au Vietnam et se prolongeant en France. EDF, de son côté, est d'accord pour engager de jeunes diplômés vietnamiens pour qu'ils acquièrent une première expérience professionnelle avant que leur pays ait besoin de leurs compétences. La récente signature du protocole de coopération entre la France et le Vietnam concrétise la volonté des deux pays de renforcer leur coopération dans un cadre durable.

3.4-Le coût de production de l'électricité, avec ou sans émission de CO2

Il est difficile de parler du « coût de l'électricité » car celui-ci dépend d'un très grand nombre de paramètres : le montant des investissements, le coût du financement (le taux d'intérêt et la rémunération des actionnaires), le prix des matières premières, gaz ou charbon, le « coût du CO2 » sous forme d'un impôt ou d'un permis d'émettre du CO2, le coût du captage et du stockage du CO2, le nombre d'heures de fonctionnement des installations par an, etc.

Le coût de production nucléaire est très intéressant, de l'ordre de 5 ou 6 c\$/kWh selon les estimations de l'Institut de l'énergie, mais la capacité de production nucléaire ne pourra pas suffire à répondre à la demande d'électricité « de base » avant très longtemps.

L'électricité produite par une centrale qui fonctionne avec du charbon vietnamien payé au prix d'aujourd'hui, avec un coût du financement de 4% (en plus de l'inflation), sans contrainte sur les émissions de CO2 et qui fonctionne sans arrêt coûte 4 c\$/kWh. Avec la même centrale, si le charbon est au prix mondial de 110 \$/t, si le « coût du CO2 » est de 80 \$/tCO2 et si le financement coûte 8 %, l'électricité coûtera 15 c\$/kWh, près de quatre fois plus cher. Mais si le CO2 est capté et stocké, le coût pourrait être aux alentours de 11 c\$/kWh.

Le coût de production avec une centrale au gaz fonctionnant sans arrêt, un coût du financement de 8 % et un gaz à 8 \$/Mbtu sera de 8 c\$/kWh sans coût du CO₂, de 13 c\$/kWh avec une pénalité CO₂ de 80 \$/tCO₂. Avec ces hypothèses, pour une production d'électricité « de base », l'électricité à partir de gaz coûtera donc plus cher que l'électricité produite à partir de charbon avec CCS. Par contre elle coûtera moins cher pour une production de semi-base (c'est-à-dire si les centrales ne tournent qu'une partie du temps).

Ces ordres de grandeur rejoignent ceux que l'on avait déjà mentionnés. Comme la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables peut s'assimiler, en première approximation, à une production de base¹⁰, elle est intéressante si son coût de production ne dépasse pas 12 c\$/kWh.

En conclusion,

Sans tenir compte de l'effet de serre, les coûts de production à partir de gaz ou de charbon seront voisins, le charbon étant plus intéressant pour des productions de base, le gaz plus intéressant lorsque les centrales ne fonctionnent qu'une partie du temps.

Si le prix de l'énergie, y compris le coût du CO₂, est élevé, correspondant à l'objectif mondial de forte diminution des émissions, la situation est différente.

- Si les centrales fonctionnent plus de la moitié du temps, le charbon avec séquestration sera moins cher que le gaz ; le coût de production de l'électricité pourrait être de l'ordre de 11 c\$/kWh pour une production de base

- Si les centrales ne fonctionnent que la moitié du temps ou moins, le mode de production le moins cher est une production à partir de gaz sans séquestration.

4. L'efficacité énergétique ; les services publics de l'énergie (éclairage, climatisation) ; l'influence de l'urbanisation sur la consommation d'énergie

4.1 La politique vietnamienne pour une plus grande efficacité énergétique

EECO a présenté la politique menée au Vietnam pour stimuler l'efficacité énergétique¹¹ : fixer des normes de consommation des bâtiments et des installations ou équipements qui utilisent de l'énergie, sensibiliser la population, former les professionnels, apporter un financement adapté aux investissements qui permettent de réduire la consommation, former des fonctionnaires pour mettre en œuvre la réglementation, susciter la création de sociétés de service énergétique. De nombreuses décisions ont été prises dans ce sens, dont la création du Fonds de protection de l'environnement du Vietnam. Pour organiser ce dispositif et lui donner un fondement juridique plus solide, le gouvernement a préparé une loi qui devait faire l'objet d'un vote à l'Assemblée nationale peu de temps après la tenue de cette session.

EECO regrette le manque de données statistiques sur la consommation d'énergie. Par ailleurs, il pose la question de la relation entre l'initiative privée et le rôle de l'Etat. Celui-ci devra utiliser de façon efficace trois moyens : la fiscalité de l'énergie, qui a un effet sur le prix, les aides financières, nécessairement limitées par les possibilités budgétaires, et la réglementation, qu'il faut élaborer et faire respecter. EECO note qu'il manque encore de moyens humains et financiers pour mettre en œuvre cette politique. Il constate par ailleurs que, face à la multiplication des programmes de portée limitée financés par l'aide internationale, une harmonisation des procédures est nécessaire.

¹⁰ Car la production ne peut pas être modulée en fonction de la demande.

¹¹ Ce thème était celui du colloque organisé en avril 2008 par ce service et par l'AFD.

4.2 L'efficacité énergétique de petites et moyennes entreprises

Le projet d'efficacité énergétique dans les PME, le PECSME, est financé par le PNUD et le Fonds mondial pour l'environnement ; il est mis en œuvre par le ministère des sciences et technologies. Commencé au début de 2006, il s'achèvera à la fin 2010. Il s'adresse aux PME des secteurs de la briqueterie, de la céramique et de la porcelaine, du textile et de l'habillement, du papier et de la pâte à papier, et de la transformation alimentaire. Après trois ans de mise en œuvre, le programme a permis de financer des audits énergétiques qui ont été suivis de 267 réalisations. Un fonds de garantie, financé par le programme, a permis aux entreprises d'avoir accès au crédit pour l'application de technologies nouvelles.

Il est possible de tirer de cette expérience des enseignements intéressants. Les séances de démonstration se sont déroulées avec succès, en particulier dans les secteurs de la brique et de la céramique. Les investissements sont souvent rentables mais il est parfois nécessaire, pour les financer, d'apporter des garanties d'emprunt ou de consentir des prêts bonifiés. Le programme donne de bons résultats là où il est bien soutenu par les autorités locales ; une coordination nationale se révèle nécessaire. En effet, pour que le programme soit un succès, il faut que les conseils qui ont fait les audits accompagnent les entreprises jusqu'à la réalisation des décisions qu'ils recommandent.

ATEE, en commentant cette étude, estime qu'il serait intéressant de mieux connaître la relation entre le montant des dépenses et les économies réalisées pour évaluer le coût des émissions évitées. Par ailleurs, ATEE met l'accent sur la nécessité de *mesurer les consommations d'énergie* avant et après les investissements qui permettent de les diminuer. A partir d'une certaine taille, les entreprises devraient désigner un cadre responsable de la consommation d'énergie. Ces cadres pourraient former une association pour faciliter les échanges d'expériences et former les gestionnaires d'entreprises à l'efficacité énergétique.

4.3 Les services publics locaux de l'énergie : éclairage, réseaux de froid

4.3.1- La délégation de service public

Pour fournir à la population des services publics locaux, les collectivités territoriales font appel aux entreprises privées selon des modalités diverses. Parfois les entreprises seront de simples fournisseurs ; elles peuvent aussi devenir des partenaires des collectivités territoriales.

En France, il existe une modalité, la « délégation de service public », qui transfère à un partenaire privé la compétence réglementaire du maire d'une ville. Le délégataire, à l'issue d'une mise en concurrence, se voit attribuer la conception, la réalisation et l'exploitation du service pour une durée relativement longue (15 ans ou plus) permettant l'amortissement de ses investissements. Au titre de ce contrat, le délégataire doit assurer le service dans des conditions fixées au contrat contre une rémunération due, selon les cas, par la collectivité ou par les abonnés au service. A l'échéance du contrat, les investissements sont remis à la collectivité ; ils doivent être alors dans un bon état d'entretien. Cette méthode donne la possibilité au délégataire d'adopter les techniques et les modes de gestion qui optimisent le coût complet du service, y compris l'investissement, l'entretien et les dépenses d'exploitation.

La rémunération due par l'abonné ou par la commune couvre donc les investissements, l'achat de l'énergie nécessaire à la production du service, la rémunération du personnel nécessaire au bon fonctionnement de l'installation, l'entretien courant, le "gros entretien-renouvellement" de l'installation, les frais généraux et les bénéfices.

L'agence d'Hanoi de l'AFD a préparé à l'intention des fonctionnaires territoriaux un programme de formation à la procédure de « délégation de service public ».

Par ailleurs, deux exemples de services publics locaux ont été présentés, le service public de l'éclairage et celui du froid pour la climatisation. L'un et l'autre pourraient être fournis selon un contrat de délégation de service public de façon à réduire les coûts complets (investissement, gestion, maintenance des équipements) et à utiliser l'énergie de la façon la plus efficace.

4.3.2- L'éclairage public

Citelum, une société qui a été chargée de l'éclairage de grandes villes dans le monde entier (Paris, Rio de Janeiro, Ho Chi Minh ville etc.), a montré comment les nouvelles possibilités techniques permettent d'avoir une gestion très économe du réseau d'éclairage public. Par exemple, grâce au pilotage individualisé des points lumineux, il est possible d'intervenir sur un point lumineux avant qu'il ne tombe en panne. Il est également possible d'ajuster à chaque instant l'intensité de l'éclairage selon les besoins, en fonction notamment de la fréquentation des rues. Pendant les périodes de forte consommation d'électricité, l'éclairage peut être réduit, ce qui permet une économie atteignant 20 ou 30 % sans causer de gêne si la baisse est progressive. Ces résultats sont possibles si la même entreprise, forte de son expérience, est chargée de l'investissement, de la maintenance et de la gestion de l'éclairage.

4.3.3- Un service public de fourniture de froid pour la climatisation

Les besoins d'électricité pour la climatisation seront une des causes principales de l'augmentation de la consommation d'électricité dans les logements, les bureaux et les services. La solution la plus simple et qui demande le moins d'investissement est la climatisation individuelle. Une solution collective ne serait-elle pas préférable ?

L'entreprise Bérim, avec la coopération de Dalkia, a étudié deux autres solutions en utilisant les caractéristiques d'un quartier en cours d'urbanisation qui lui ont été fournies par l'Agence nationale d'urbanisation : une solution de climatisation collective par immeuble et une solution de climatisation collective par réseau urbain de froid. La climatisation par immeuble coûte plus cher en investissement que la solution individuelle et coûte à peu près autant en fonctionnement. Elle ne présente donc pas d'intérêt.

La solution par réseau urbain de froid coûte en investissement deux fois plus que la climatisation individuelle mais utilise l'électricité de façon beaucoup plus efficace. D'une part, la centrale de froid peut utiliser comme source chaude non pas l'air, comme les climatiseurs individuels, mais l'eau qui se trouve à quelques mètres sous le sol et dont la température est bien plus basse que celle de l'air ; les pompes à chaleur sont donc deux ou trois fois plus efficaces. D'autre part, il est possible de stocker le froid sous forme de grands bassins de glace pendant les périodes de basse consommation d'électricité, à un moment où le prix de l'électricité est intéressant. Si le financement de la partie publique de l'investissement public ne coûte pas trop cher, ces économies de fonctionnement compensent le surcoût de l'investissement. A cela on pourra ajouter que l'électricité produite hors des périodes de pointe émettra moins de gaz carbonique lorsque les centrales hydrauliques, nucléaires et au charbon avec captage du CO2 auront atteint une capacité suffisante.

4.4 La ville durable : proposition d'une nouvelle méthode pour élaborer des plans directeurs de développement urbain durable – le cas de la ville de Can Tho

Nombreuses sont les communes qui ont des projets de développement urbain. Parmi celles-ci, la ville de Can Tho, « capitale » du delta du Mékong, est en relation avec l'AFD avec la perspective

d'établir une relation de long terme. Une mission de trois urbanistes conduite par P. Mayet s'est rendue à Can Tho pour prendre connaissance de la ville et présenter à ses responsables une démarche mise au point en France, les « ateliers de développement urbain durable ». La ville de Can Tho a témoigné un grand intérêt.

La méthode des « ateliers de développement urbain durable » est très dynamique. Une vingtaine d'urbanistes, d'ingénieurs et d'architectes se retrouve dans la ville pour deux semaines. Ils sont informés par les élus et par les cadres municipaux des caractéristiques de la commune et des projets stratégiques de la municipalité. Ils se répartissent en trois équipes. Chaque équipe doit produire un document d'orientation pour un futur schéma directeur. Les trois propositions sont alors soumises à un jury auquel participent les autorités de la ville. Sont ainsi réunis les ingrédients de l'efficacité : interdisciplinarité, émulation entre trois équipes formées de professionnels expérimentés, relation forte et constante entre les élus de la commune, les services municipaux et les professionnels qui travaillent dans l'atelier, obligation de remettre des propositions concrètes à bref délai.

Cette méthode a été utilisée avec succès en France (notamment pour l'aménagement du plateau de Massy Palaiseau), à Shanghai, à Casablanca. Elle pourrait être utile à la ville de Can Tho, une commune de 1,2 million d'habitants dont la moitié environ est urbanisée. P. Mayet expose qu'un atelier d'urbanisation devrait prendre en compte les perspectives de hausse du niveau de la mer et ses conséquences. Il aura également comme objectif de préserver une qualité que l'on trouve dans les villes du Vietnam et qui a été perdue dans les villes occidentales, comme la convivialité dans les rues, la présence dans les mêmes espaces des différentes fonctions de la ville : logement, services, vie associative, rencontres et dialogues, activités économiques, restauration. La rue peut être le théâtre de cette diversité car elle est préservée de la voiture. En développant les transports en commun et l'utilisation de deux roues électriques, en préservant la vie sociale dans la rue et la mixité des activités en milieu urbain, en conservant une forte densité urbaine, Can Tho pourrait servir d'exemple aux villes en développement et aussi aux villes qui cherchent à se débarrasser des voitures qui les ont envahies – telle la ville de Bordeaux qu'une délégation vietnamienne a visitée.

Les responsables de l'urbanisme de Can Tho souhaitent organiser un atelier d'urbanisation comme l'a décrit P. Mayet. Le VIAP, qui a dans ses missions de donner un avis sur les schémas directeurs préparés par les communes, est du même avis ; il partage les orientations esquissées par P. Mayet. Un atelier à Can Tho permettrait également de vérifier si cette méthode est bien adaptée au Vietnam. En cas de succès, cette démarche pourrait être étendue.

Il est donc envisagé de faire entrer cet atelier dans un programme de coopération plus vaste entre Can Tho et l'AFD, sous réserve, bien sûr, que son financement puisse être réuni.

5. Le rôle de l'Etat ; le financement des actions utiles

Les trois premières parties de cette session ont étudié comment répondre aux besoins en énergie du Vietnam dans les décennies à venir en limitant l'augmentation des émissions de gaz carbonique. Pour éviter les décisions qui seraient inutilement coûteuses, un critère de coût cohérent avec l'objectif mondial de division par deux des émissions de gaz à effet de serre a été défini et utilisé. Mais cela ne suffit pas. Il faut également s'interroger sur les décisions de politique publique qui inciteront ou qui obligeront les acteurs économiques, consommateurs privés et entreprises, à prendre les décisions pertinentes.

Sans pouvoir être exhaustif, le quatrième atelier de la session a étudié quelques aspects majeurs de la politique de l'énergie :

il ne peut y avoir de bonne politique sans connaissance de la réalité, c'est-à-dire sans statistiques fiables ;

la gouvernance publique de l'électricité doit être spécifique car l'électricité est un produit qui ne se stocke pas et qui demande des investissements très lourds ; le rôle de l'Etat y est déterminant ;

le prix de l'énergie, résultat du prix international du pétrole, du gaz et du charbon, de la réglementation et de la fiscalité, doit permettre un approvisionnement sûr du pays tout en ménageant le pouvoir d'achat des consommateurs ;

les actions qui permettent d'éviter des émissions de CO₂ coûtent plus cher que la consommation pure et simple de pétrole, de gaz et de charbon ; au moins dans une première période, le surcoût sera financé par l'aide internationale puis il sera pris progressivement en charge par le Vietnam. Des mécanismes de financement existent ; pour fonctionner correctement, ils devraient être améliorés et complétés ;

cela permettra de compléter le financement des actions utiles pouvant être réalisées au Vietnam ; le mode de financement pourra être exactement adapté à chaque cas (électricité renouvelable, économie d'énergie, biomasse).

5.1 Avoir une bonne connaissance statistique

Le Vietnam dispose d'un dispositif de collecte systématique de données et procède à quelques enquêtes auprès des entreprises ou des ménages. A la demande de la partie vietnamienne, un expert français. M. Bernard Nanot, sous-directeur de l'Observation de l'énergie et des matières premières au MEEDDM, a rencontré plusieurs administrations et centres d'études vietnamiens, et formulé quelques recommandations pour améliorer ce dispositif.

Il faut veiller à ce que les entreprises qui produisent de l'énergie comme celles qui en consomment ne soient interrogées qu'une seule fois et non pas plusieurs fois par plusieurs organismes publics. Pour compléter les informations, il n'est pas coûteux de demander à un organisme qui fait une enquête d'ajouter quelques questions relatives à l'énergie. Mais des enquêtes spécifiques plus nombreuses, notamment sur la consommation, seraient très utiles.

Il n'est pas nécessaire que toutes les données soient recueillies par une même administration mais il est fortement recommandé que soit désignée une administration responsable de la statistique de l'énergie qui ferait elle-même des enquêtes et, surtout, coordonnerait les enquêtes faites par les autres administrations. Il est également recommandé d'établir périodiquement un bilan de ressources et d'emplois de l'énergie, même si les premières éditions de ce bilan, faute de données doivent être imparfaites. Par ailleurs, un lien devrait être fait entre la consommation d'énergie et les émissions de CO₂.

5.2 Le régime de l'électricité au Vietnam : combiner gestion centralisée et recours à la concurrence

Au Vietnam, le régime de l'électricité est aujourd'hui très centralisé : presque toute la production est assurée par une entreprise nationale et l'électricité est distribuée et commercialisée par des entreprises publiques qui ont le monopole, chacune sur un territoire. Les prix de l'électricité sont fixés par l'Etat, le prix du charbon acheté par les producteurs d'électricité également. Ces prix sont fixés en tenant compte de considérations sociales ou industrielles ; ils sont très loin de représenter les coûts et n'orientent pas la demande de façon à utiliser les moyens de production de la façon la plus efficace.

Le Vietnam a pris la décision de principe d'ouvrir progressivement le secteur de l'électricité à la concurrence jusqu'à ce que la demande d'électricité soit directement en relation avec l'offre. Néanmoins, pour préparer cette session du Forum franco-vietnamien, la partie vietnamienne a demandé à la partie française d'étudier comment l'expérience française pourrait être mise à profit au Vietnam. Peut-être la crise économique actuelle révèle-t-elle les limites du marché concurrentiel.

Plusieurs études ont donc été réalisées sur le sujet pour préparer cette session du Forum franco-vietnamien. Elles montrent que le marché concurrentiel de l'électricité ne conduit pas spontanément à construire le parc de production qui permettrait de répondre à la demande au moindre coût, et que le prix de vente qui ressort du marché réserve à certains producteurs des marges très confortables aux dépens des consommateurs. De plus, le prix est nécessairement très volatil d'une saison à l'autre ou d'une heure de la journée à une autre : pendant quelques heures par an, les prix peuvent atteindre des niveaux très élevés. Enfin les petits consommateurs n'auront pas la capacité de comparer les propositions tarifaires (parfois très sophistiquées) qui seront faites par plusieurs fournisseurs d'électricité en concurrence.

Une intervention publique forte est donc nécessaire pour éviter les flambées de prix, pour que les investissements de production correspondent à l'optimum, afin d'éviter les marges excessives.

Pour tenir compte des limites et des imperfections d'un marché concurrentiel, le dispositif présenté au cours de cette session fait appel autant que possible à la concurrence et au marché, et il préserve le rôle important de l'État.

Un « acheteur unique », qui est aussi « vendeur unique » assure la relation entre les deux mondes extrêmement différents que sont d'une part celui de la production, composé de quelques producteurs qui investissent sur le long terme, et, d'autre part, celui des millions de consommateurs dont la demande est très variable d'une période à l'autre. L'acheteur unique achète l'électricité selon des modalités qui conviennent aux producteurs et la vend selon un tarif qui oriente la demande de la façon la plus efficace.

Connaissant le marché, il calcule ce que doivent être les moyens de production en tenant compte d'objectifs d'intérêt général (autonomie énergétique, lutte contre les émissions de CO₂, aménagement du territoire) et lance *un appel à concurrence* pour pouvoir disposer des capacités de production dont il a besoin : il s'engage à *payer les coûts fixes* indépendamment des quantités qu'il achète et le coût variable des quantités qu'il achète mais ne s'engage pas sur ces quantités. Puis il appelle les moyens de production en fonction de la demande en commençant par ceux dont les coûts variables sont le plus faibles.

Cet acheteur unique vend l'électricité à la sortie des centrales à un prix fixé par l'Etat. Ce prix *imite ce que donnerait un marché parfait* en évitant les pointes de prix trop fortes, de la même façon qu'est fixé le tarif en France (« méthode Boiteux »). Il comporte une prime fixe fonction de la puissance souscrite et un « prix de l'énergie » au KWh. Le prix est très différent selon les périodes de consommation, « heures pleines » et « heures creuses ».

Avec un tel dispositif, les entreprises qui investissent dans les moyens de production seront protégées des incertitudes sur l'évolution des marchés, sur le prix de l'énergie fossile et sur la politique nationale ou mondiale de lutte contre les émissions de CO₂ ; les capacités de production seront conformes à l'intérêt général (beaucoup mieux que ce que peut donner la concurrence) ; les coûts de production seront maîtrisés grâce à la mise en concurrence des producteurs ; il n'y aura pas de super marges d'oligopole ; les prix de vente informeront les consommateurs du coût réel de production et les inciteront à mieux utiliser la capacité des moyens de production.

Le prix sera donc le même pour tout le monde. Les ménages à faible revenu recevront une aide indépendante de leur consommation réelle d'électricité. Par rapport au système actuel¹², ils n'y perdront pas mais ils seront incités comme les autres à diminuer leur consommation pendant les heures de pointe.

Une simulation numérique sommaire calcule le parc de production, les coûts de production et les prix de vente selon plusieurs hypothèses sur le prix de l'énergie fossile et le « coût du CO₂ évité ». Par exemple,

¹² Le tarif actuel donne un prix très bas aux premiers kWh consommés par chaque consommateur. Or, pendant les périodes de pointe de consommation, tous les kWh contribuent à la pointe, quelle que soit la consommation de chaque consommateur.

avec un même jeu d'hypothèses sur la capacité de production nucléaire, sur le coût du financement et sur le prix du gaz et du charbon, en 2030 le prix de vente moyen selon un tarif réglementé pourrait être, sortie centrale, de 8,2 c\$/kWh¹³ alors que le prix issu d'un marché concurrentiel serait de 9,7 c\$/kWh.

Ces études donnent donc des indications sur la façon de faire appel à la concurrence pour la production d'électricité et sur la façon de fixer un tarif réglementé « sortie centrale » et un autre tarif réglementé à la consommation finale. Elles montrent aussi que, pour que les capacités de production répondent à une demande en forte croissance, il sera nécessaire d'augmenter beaucoup le prix de l'électricité.

5.3 La fiscalité sur l'énergie, le prix à la consommation finale pour susciter les investissements utiles

Comme pour le régime de l'électricité, la partie vietnamienne a souhaité être informée de l'expérience française et du débat en cours sur la fiscalité de l'énergie ; ce fut l'objet d'un exposé de Christian Jacob.

En France, outre la TVA, d'application générale, le carburant est soumis à une taxe intérieure qui compense à peu près les dommages causés par la circulation (usure des chaussées, encombrement, accidents et pollutions locales) ; cette taxe intérieure est de 43 c€/l (60 c\$/l) pour le gazole.

Les véhicules neufs bénéficient d'un bonus ou doivent payer un malus selon qu'ils émettent moins ou plus de 130 g de CO₂ au kilomètre. Cette mesure, applicable depuis le 1^{er} janvier 2008, a connu un réel succès puisque la proportion de véhicules vendus émettant moins de 130gCO₂ au kilomètre est passée de 14% en 2007 à 54 %.

Les équipements qui permettent d'éviter des émissions de CO₂ bénéficient de crédits d'impôt pouvant atteindre 50 % de leur coût. Pour des raisons budgétaires, ces aides fiscales devront être réduites.

Pour lutter contre les émissions de CO₂, la France a récemment décidé de créer un impôt général sur la consommation d'énergie fossile. Le produit de l'impôt sera restitué aux consommateurs sous la forme d'un crédit d'impôt ou d'un « chèque vert » et d'aides aux investissements qui permettent d'éviter des émissions.

En l'état actuel des réflexions, il est prévu que cet impôt ne sera pas perçu sur les entreprises qui sont soumises au marché européen de permis d'émettre¹⁴.

L'Etat a décidé d'apporter une aide à certaines catégories de consommateurs. La commission qui a préparé la décision de créer cet impôt lui avait recommandé d'accorder à ces consommateurs, non pas une exonération partielle de la taxe, mais une somme forfaitaire indépendante de leur consommation de sorte que le prix ne perde pas de son efficacité comme signal orientant leurs choix. Mais le Parlement a décidé que certains consommateurs seraient partiellement exonérés.

Le coordonnateur scientifique de cette session est d'avis que la façon de calculer l'impôt peut être discutée : *son montant doit-il ou non dépendre du prix de l'énergie fossile ?* Un impôt calculé pour compenser le coût des dommages locaux ne doit pas dépendre du prix de l'énergie fossile puisque le montant des dommages n'en dépend pas. Ici il s'agit de tout autre chose puisque l'objet de l'impôt est de diminuer la consommation d'énergie fossile. La décision des consommateurs sera orientée par le *prix total* qu'il paye, non par le montant de l'impôt. L'Etat pourrait donc se donner pour objectif que le prix à la consommation finale augmente progressivement ; le montant de l'impôt dépendrait alors du prix mondial du pétrole et du gaz, sans pouvoir être négatif néanmoins. Alors que l'évolution du prix du pétrole est imprévisible, cette façon de calculer l'impôt permettrait de diminuer l'incertitude sur le prix

¹³ Ce prix est calculé avec un coût du charbon de 110 \$/t, un prix du gaz de 8 \$/Mbtu et une taxe carbone de 54 \$/tCO₂ (200 \$/tC) et en supposant que la capacité nucléaire est de 10 GW

¹⁴ Le Conseil Constitutionnel a jugé que l'impôt devait s'appliquer à toutes les entreprises.

de l'énergie payé par le consommateur final ; ce serait une incitation très forte à investir pour consommer moins d'énergie fossile.

Le Parlement a fixé la valeur initiale de l'impôt à 17 €/tCO₂. Son montant sera fixé chaque année. Un Comité d'évaluation et de suivi sera chargé d'établir le bilan des remboursements de l'impôt et de vérifier la progression du montant de la contribution. Il sera amené à faire des propositions sur le montant de l'impôt en tenant compte ou non du prix du pétrole.

Dans ses commentaires, le Département des politiques fiscales du MOF présente le régime de prix de l'énergie et le dispositif fiscal du Vietnam. Le prix du carburant est fixé par le gouvernement en relation directe avec les prix mondiaux. Les énergies qui n'émettent pas de CO₂ bénéficient d'exonérations fiscales. Les taxes sur les carburants, mises en place en 2000, s'appliquent aux essences, au pétrole, au gazole, aux fuels et aux lubrifiants. Un projet de loi relatif à l'environnement est en cours de promulgation. Il a pour but de préserver l'environnement et de rendre plus efficace l'utilisation des énergies. Il prévoit la création d'une taxe environnementale qui aura pour effet, entre autres, de taxer les émissions de CO₂ seront ainsi taxées.

Selon le MOF, le montant de cet impôt sur l'énergie fossile ne doit pas dépendre du type de combustible. Mais, pour tenir compte de la fiscalité existante et de considérations économiques et sociales, il est prévu que le montant de l'impôt sera différent selon les usages ; c'est pourquoi il ne sera pas appelé « impôt carbone ». En l'état actuel des réflexions, il est prévu que son montant ne dépendra pas du prix du pétrole.

5.4 Le financement par les aides internationales des actions qui évitent des émissions de CO₂

Au fur et à mesure de son développement économique, le Vietnam prendra en charge une part croissante du coût de la lutte contre les émissions de CO₂. Aujourd'hui, conformément aux accords internationaux, il est en situation de bénéficier de l'aide internationale. Les études préparées pour cette session montrent comment financer les actions utiles de façon plus juste et efficace en utilisant conjointement l'aide au développement et les marchés de permis d'émettre créés pour lutter contre les émissions de CO₂.

5.4.1- Marchés de permis d'émettre et aide aux pays en développement – possibilités et limites

Le protocole de Kyoto a ouvert la possibilité de créer un marché de permis d'émettre du CO₂ entre les nations qui ont accepté un quota d'émissions qu'elles s'engagent à ne pas dépasser. De ce marché sortira un prix du permis d'émettre ou encore un « prix du CO₂ ». Les nations qui ont un quota pourront augmenter celui-ci dans une certaine mesure si elles aident un pays en développement à financer une action qui permet d'éviter des émissions de CO₂ ; c'est le « mécanisme de développement propre », MDP. Selon le MDP, un projet réalisé dans un pays en développement pour émettre moins de CO₂ génère des « unités de réduction certifiée d'émission », URCE, qui sont ou qui seront acquises par un Etat soumis à un quota d'émission.

Sur le même principe, les Etats peuvent imposer des limites d'émissions à certaines de leurs entreprises, créer entre ces entreprises un marché de permis d'émettre et leur donner la possibilité d'acquérir des URCE en finançant dans les pays en développement (PED) des actions qui évitent des émissions de CO₂.

Stricto sensu, le « mécanisme de développement propre » est un moyen qui permet aux pays qui ont accepté une limite d'émission de CO₂ d'aller au-delà de cette limite. Mais, par extension, on emploie la même expression pour désigner la méthode qui permet à des entreprises participant à un marché de

permis d'émettre du CO2 d'acquérir des droits d'émettre du CO2 en finançant une action menée dans un PED au lieu d'acheter un permis sur ce marché.

Pour donner encore plus de souplesse au dispositif, il est admis que toute action menée dans un pays en développement et permettant d'éviter des émissions de CO2 peut générer des URCE quelle que soit la façon dont elle est financée. Mais, dans tous les cas, la destination finale des URCE est d'augmenter les possibilités d'émissions de CO2 par des entités (Etats ou entreprises) *soumises à une limite d'émission* et participant à un marché de permis d'émettre.

Le MDP ne peut donc fonctionner que s'il existe des marchés de permis d'émettre, et la valeur de l'URCE est directement liée à la valeur du permis d'émettre qui sort de ces marchés.

Si un marché de permis d'émettre est bien conçu, le prix du CO2, donc la valeur de l'URCE, représente le *surcoût* des actions qui évitent des émissions, comparé à ce qui aurait été dépensé sans se préoccuper d'effet de serre. Sauf dans le cas particulier du stockage du CO2, le surcoût diminue lorsque le prix de l'énergie fossile payé par le consommateur augmente, et inversement. Dans son principe, le MDP est donc un bon moyen pour que les pays développés financent aux pays en développement ce que la lutte contre les émissions de CO2 leur coûte *en plus* de ce qu'ils dépenseraient sans se préoccuper des émissions.

Néanmoins, le MDP souffre de quelques défauts qui pourront sans doute être corrigés mais qui, aujourd'hui, sont assez sérieux ; et il présente des limites qui tiennent à sa conception même.

Aujourd'hui, la dimension des marchés de permis d'émettre du CO2 est très insuffisante comparée au nombre et à l'importance des projets qui sont susceptibles de bénéficier du MDP. En conséquence les URCE ne peuvent pas être toutes revendues de suite à des entreprises ou des Etats participant à des marchés de permis. Leur valeur est donc purement spéculative. A ce jour, elle est très faible. Mais il est probable que leur valeur augmentera au fur et à mesure que se renforceront les contraintes sur les émissions de CO2. Alors, les entreprises et les Etats qui les achèteront en répercuteront le prix sur leurs clients ou leurs contribuables. L'aide effectivement apportée aujourd'hui aux pays en développement (cette aide est égale à la valeur actuelle des URCE) est donc probablement très inférieure à ce que paieront dans quelques années les contribuables ou les consommateurs des pays développés. La différence profitera à ceux qui auront acheté bon marché les URCE pour les revendre plus cher plus tard. Ce ne sera pas la première fois que l'on aura payé 20 pour une aide aux PED qui en réalité ne reçoivent que 10.

Autre « défaut de jeunesse », les frais administratifs sont tellement élevés que les petits projets ne sont pas admis.

Comme le MDP finance un surcoût, si le prix de l'énergie fossile est élevé l'aide apportée par le canal du MDP diminue et pourrait même s'annuler. Dans une logique de marché cela pourrait se comprendre si la hausse des prix des énergies fossiles était due à une augmentation des coûts de production. Mais la réalité est différente et l'évolution des prix est difficile, voire impossible, à prévoir. Il est également impossible de prévoir comment et dans quelle mesure la valeur des URCE suit ou anticipe les évolutions du prix de l'énergie. Cette double incertitude risque de faire perdre au MDP son efficacité. D'autre part, si les entreprises qui participent à un marché de permis d'émettre sont soumises à une taxe sur leurs émissions, la valeur du permis d'émettre sera réduite d'autant, ce qui diminuera la valeur des URCE liées à ce marché de permis d'émettre.

Par ailleurs, le MDP n'est pas adapté au financement du stockage de gaz carbonique puisque, lorsque le prix du charbon augmente, la valeur de l'URCE diminue alors que le coût du CCS augmente.

Enfin, le MDP ne peut financer que des projets individualisés et non des ensembles de projets réalisés dans le cadre de politiques par secteur ou par type de technique.

En conséquence le MDP est loin de pouvoir financer toutes les actions utiles à la lutte contre les émissions et il bénéficie surtout à ceux qui ont la chance ou les moyens de profiter de ses imperfections.

5.4.2- Des financements spécialement adaptés aux besoins : quatre exemples

Les décisions à prendre par les entreprises et les consommateurs ou les collectivités territoriales pour éviter des émissions sont bien connues : efficacité énergétique du chauffage, de la cuisson et des chaudières industrielles, efficacité des équipements qui utilisent de l'électricité, production d'électricité à partir de sources renouvelables, production de biomasse puis de biocarburant, efficacité des services publics locaux. Mais elles achoppent généralement sur une question de financement. Certaines seraient rentables au prix actuel de l'énergie mais ne sont pas décidées car l'on ne sait pas comment celui-ci évoluera. Le plus souvent, même si elles sont utiles dans un effort mondial de baisse des émissions¹⁵, elles coûtent plus cher que si l'on ne se préoccupait pas d'effet de serre. Or le Vietnam, aujourd'hui, ne souhaite pas payer ce surcoût. Par exemple, pour l'électricité renouvelable, EVN achète cette électricité à un prix égal au coût de production de l'électricité qu'elle aurait dû produire ou acheter sans cette électricité renouvelable, le « coût évité » ; celui-ci dépend du prix du charbon ou du gaz.

Pour susciter la décision de réaliser un investissement qui permet d'éviter des émissions, voici dans quelques cas quelles pourraient être les propositions de financement :

1- Pour les ménages ou les entreprises qui décident de dépenser plus pour consommer moins d'énergie fossile, un prêt dont l'annuité est calculée chaque année de façon qu'elle ne dépasse pas la valeur de l'énergie économisée : si le prix du fioul augmente, l'annuité augmentera et inversement. Celui qui investit pour émettre moins de CO₂ est donc assuré que son investissement ne lui coûtera rien de plus, quelle que soit l'évolution du prix à la consommation finale du carburant, du gaz ou du fioul.

2- Pour la production d'électricité renouvelable, un prêt remboursable par une quantité d'électricité fixée au contrat ; cela revient à fixer un prix d'achat de l'électricité indépendant du « coût évité ».

3- Pour la production de biomasse, un prêt au boisement ou au reboisement qui sera remboursé par la livraison d'une quantité de bois (ou de biomasse) fixée au contrat ; ainsi la rentabilité de l'investissement ne dépendra pas de l'évolution du prix de l'énergie fossile, qui est imprévisible.

4- Pour créer un réseau de froid, un prêt accordé à la commune, dont les annuités seront calculées de façon que la climatisation ne coûte pas plus cher qu'avec une climatisation individuelle, dont le coût dépend directement du prix de l'électricité.

Ces financements spécifiquement adaptés à chaque cas ont en commun de protéger l'investisseur contre l'incertitude née de l'imprévisibilité du prix de l'énergie fossile.

5.4.3- Combiner Mécanisme de développement propre (MDP) et aide publique au développement

En combinant le MDP et l'aide publique au développement, il doit être possible de rendre efficace le MDP, de conserver la plus-value sur les URCE dans la sphère publique et de proposer des financements incitatifs.

Le principe est très simple : le surcoût d'un investissement qui permet d'éviter des émissions serait financé par l'aide publique au développement ; les URCE seraient accordées à une caisse publique qui les revendrait plus tard.

¹⁵ C'est-à-dire qu'elles respectent le critère de coût présenté plus haut, dans l'introduction

L'aide publique au développement prend la forme de subventions ou de prêts concessionnels. Cette aide serait accordée à *une instance publique intermédiaire* dont le rôle serait de :

- 1- Transformer le financement privilégié accordé au titre de l'aide au développement en un financement qui réponde *exactement* aux besoins des investisseurs en taux d'intérêt et échéances de remboursement, et en les préservant dans une certaine mesure de l'incertitude sur le prix de l'énergie fossile - cf. ci-dessus § 5.4.2
- 2- Présenter aux institutions gestionnaires les dossiers MDP *des dossiers groupés* – à condition que cela soit possible- ; recevoir les URCE générées par ces actions.
- 3- *Reverser ces URCE ou le produit de leur vente au fonds vietnamien de protection de l'environnement ou à un autre fonds* ; celui-ci pourra prendre le relais pour financer d'autres actions utiles.

La combinaison de l'aide au développement et du MDP pourrait donc se traduire ainsi :

- La souplesse de l'aide bilatérale et multilatérale au développement permet de financer de suite des actions utiles selon des modalités qui répondent spécifiquement aux besoins des investisseurs et qui les préservent de l'incertitude sur l'évolution du prix de l'énergie fossile et des permis d'émettre du CO₂.

- La valeur des URCE créées par le MDP bénéficiera intégralement au développement économique et social et non à des intérêts privés.

5.4.4- Financer des décisions que le mécanisme de développement propre ne peut pas financer

Le MDP finance des projets individualisés dont on peut estimer le surcoût par rapport à une référence. Cette démarche ne permet pas de financer des décisions qui ont le caractère de politiques publiques. Or, pour maîtriser les émissions, il faut des politiques publiques de portée assez générale : le mode de tarification de l'électricité, la fiscalité de l'énergie, la création de normes de construction ou de consommation d'électricité, la formation des fonctionnaires pour contrôler le respect des règles, la formation professionnelle dans le domaine de l'énergie, etc.

Certaines de ces décisions ont un surcoût financier que l'on peut calculer. D'autres génèrent des dépenses diffuses et difficiles à calculer.

Par exemple, il n'est pas aisé de calculer le coût pour le pays de la création d'un impôt sur l'énergie fossile. Prenons le cas d'un impôt CO₂ sur les carburants. Le produit de l'impôt lui-même n'est pas une dépense supplémentaire puisque son produit sera recyclé dans l'économie du pays. Mais l'impôt incite les consommateurs à acheter des véhicules qui consomment moins et qui sont plus chers, ce qui est la cause de dépenses supplémentaires que l'on peut calculer ; il incitera aussi des consommateurs à se priver de certains déplacements, ce qui a un « coût moral » réel mais difficile à chiffrer.

Il faut des politiques publiques pour limiter les émissions. Ces politiques publiques ne pourront pas être financées par le MDP ; le financement international passera alors par l'aide au développement. Il serait souhaitable que cette aide ne dépende pas du prix mondial de l'énergie fossile.¹⁶

¹⁶ Un progrès a été amorcé en ce sens par la conférence de Copenhague.

6. Conclusion : développement économique et social et émissions de CO2

Le Vietnam présente le cas typique d'un pays dont le PIB par habitant est bas et qui connaît un développement rapide.

Au Vietnam, les réflexions menées au cours de cette session montrent où porter l'effort pour limiter les émissions de CO2 autour de 4 tCO2 par habitant et par an en 2050 au lieu de 10 selon une évolution tendancielle. Elles donnent aussi une idée du coût des décisions à prendre et montrent l'ampleur de l'effort financier à consentir, qui devra être pris en charge, au moins dans une première période, par l'aide extérieure.

Les énergies renouvelables autres que l'hydraulique et la biomasse sont d'un faible secours même dans les scénarios où elles sont le plus sollicitées. Les enjeux sont du côté du *captage et stockage du CO2*, de la *production d'électricité nucléaire* et du choix de modes de *construction et d'urbanisation* économes en énergies pour le transport et la climatisation.

Les besoins financiers de ce pays et, de façon générale, des pays en développement, sont tels que l'on peut être perplexe lorsque l'on voit l'aide internationale financer des actions beaucoup plus coûteuses.

On peut être perplexe également sur le fonctionnement actuel du mécanisme de développement propre (MDP), conçu pour faciliter un transfert technique et financier des pays développés vers les pays en développement. Jusqu'à présent, il est l'objet de spéculations qui bénéficient autant à des intérêts privés qu'aux pays auxquels il est normalement destiné. Le MDP peut être efficace sans doute ; mais il doit être complété par d'autres mécanismes.

D'une façon générale, sans remettre en cause l'objectif mondial d'une division par deux des émissions d'ici 2050, qui ramène ces émissions à 1,7 tCO2 par habitant et par an, on peut penser que rien d'utile ne sera décidé au plan mondial tant que l'on n'aura pas *tracé très concrètement des trajectoires qui aient l'accord des pays directement concernés, en particulier les pays en développement*. Cela passe par une démarche qui part du concret, une démarche nécessaire pour compléter les réflexions macroéconomiques et pour les valider. Une telle démarche a été amorcée pour le Vietnam ; elle demande à être approfondie.

7. Les recommandations - présentation synthétique

Ces recommandations ont fait l'objet d'un entretien au cours d'une audience accordée par le vice-premier ministre M. Nguyen Sinh Hung à M. Nguyen Bich Dat et à M. Christian Jacob, coprésidents vietnamien et français.

1. Définir un critère de coût des actions à mener au Vietnam pour éviter des émissions de CO2:

Recommandation

Afin d'éviter des émissions de CO2, définir un critère pour distinguer les actions utiles des actions trop coûteuses. Ce critère est indépendant du prix mondial de l'énergie fossile.

- Proposition : une action qui évite des émissions de CO2 est utile si elle coûte moins que ce que coûterait l'utilisation de carburant ou de fioul à 1,2 \$/l HT, de gaz à 100 \$/MWh ; une

production d'électricité à partir d'une énergie renouvelable est utile si elle coûte moins de 12 c\$/kWh.

2. Définir le cadre d'une politique ; fixer des objectifs

2-a) Elaborer des scénarios de production et d'utilisation d'énergie ; voir où sont les priorités

Recommandation

Poursuivre et affiner l'élaboration de quelques scénarios de production et consommation d'énergie d'ici 2050 ; évaluer l'efficacité des différentes actions utiles ; retenir des objectifs.

Résultat des premières études : entre un scénario tendanciel et un scénario *très ambitieux* de division par trois des émissions tendancielles en 2050, les émissions évitées en 2050 sont de 850 millions de tonnes de CO₂ (MtCO₂) par an. Les actions et les politiques sont, par ordre décroissant de leurs effets : capter et stocker le CO₂ (210 MtCO₂ de moins que selon une évolution tendancielle), augmenter la capacité nucléaire (165 MtCO₂), choisir un mode d'urbanisation économe en énergie (200 MtCO₂ dans le transport et le logement), modérer la consommation d'énergie par l'industrie (200 MtCO₂), augmenter l'utilisation de biomasse (54 MtCO₂) ; produire plus d'électricité renouvelable (24 MtCO₂). En l'état actuel des études, ce sont des ordres de grandeur ; ils mettent en évidence les enjeux.

2-b) La biomasse : bien l'utiliser et connaître ses possibilités

Recommandation 1 :

Bien utiliser la biomasse – pour mémoire car ce thème a été traité en profondeur dans d'autres séminaires.

Recommandation 2 :

Etudier les possibilités de production massive de plantes et de bois destinés à la production d'énergie : biocarburant de première ou de seconde génération, électricité. Combien de millions d'hectares, comment reconquérir des terres arides ?

2-c) Urbanisation, consommation d'énergie et émissions de CO₂

Recommandation :

Approfondir l'étude de la relation, au Vietnam, entre le type d'urbanisation, la consommation d'énergie dans le résidentiel, le transport en ville et les émissions de CO₂.

3- Produire de l'électricité sans émission de CO₂ : stockage de CO₂ et nucléaire, électricité renouvelable

3-a) Stockage du CO₂

Recommandation :

Engager sans tarder un programme complet de captage et stockage de CO₂ : trouver des sites de stockage (études cartographiques fines, études sismiques, forages exploratoires, étude *in situ*)

Ne construire que des centrales au charbon prêtes au captage du CO₂

Mettre en place un cadre légal et réglementaire, etc.

S'engager dans la coopération mondiale sur le CCS : le Vietnam pourrait par exemple abriter plusieurs sites de démonstration.

3-b) Nucléaire

Recommandation :

Mettre en œuvre le protocole de coopération sur la production d'électricité nucléaire qui vient d'être signé avec la France. Un sujet d'intérêt commun sur lequel la France a une offre spécifique à proposer est *la formation* des jeunes ingénieurs et techniciens aux métiers du nucléaire.

3-c) Electricité renouvelable**Recommandation 1 :**

Sélectionner les projets de production d'électricité renouvelable en fonction de leur coût ; respecter le critère de l'« action utile » (voir plus haut) et commencer par les projets les moins coûteux

Recommandation 2 :

Pour financer les investissements de production d'électricité renouvelable, consentir un prêt remboursable par une quantité d'électricité fixée au contrat. Financer le prêt par les mécanismes de développement propre – voir ci-après recommandation 5-d) 1.

Recommandation 3 :

Revoir et compléter les études sur les possibilités physiques de production d'électricité renouvelable en introduisant le critère de coût : les possibilités dépendent du prix que l'on est prêt à payer.

4- Maîtriser la consommation d'énergie**4-a) Concevoir et réaliser un développement urbain économe en énergie et émettant peu de CO2****Recommandation :**

A titre de démonstration, réaliser un atelier de développement urbain durable pour élaborer le schéma directeur de la ville de Can Tho. Intégrer cet atelier dans un programme de coopération pluriannuel avec l'AFD.

4-b) Modérer la consommation d'énergie grâce aux services publics de l'énergie : la climatisation, l'éclairage public, les délégations de service public**Recommandation 1 :**

Pour la climatisation dans les nouveaux quartiers, étudier l'option de réseau urbain de froid.

Recommandation 2 :

Pour les services locaux de l'énergie (réseau de froid, éclairage), étudier la méthode de délégation de service public, qui permet d'optimiser l'efficacité énergétique en tenant compte ensemble des coûts d'investissements et des dépenses de gestion.

4-c) L'économie d'énergie dans les PME – pour mémoire car déjà traité en profondeur**Recommandation**

Mettre en œuvre la politique déjà décidée (sensibilisation, démonstrations, formation) ; dans les entreprises de taille moyenne, désigner un responsable de l'énergie et rendre obligatoires des diagnostics énergie ; insister sur la nécessité de mesurer la consommation d'énergie.

Voir aussi, ci-dessous, une proposition au sujet du financement des décisions qui permettent de diminuer la consommation d'énergie – proposition 5-d) 1.

5- La politique publique de l'énergie

5-a)- Mieux connaître la consommation d'énergie au Vietnam

Recommandation :

Nommer un responsable des statistiques de l'énergie avec mission de coordonner les collectes d'information réalisées par les différents services ; dégager des moyens pour faire des enquêtes spécifiques ; créer une base de données ; compléter les données sur l'énergie par des données sur les émissions de CO2.

5-b) La politique publique de l'électricité

Recommandation :

Séparer la production d'électricité et la consommation d'électricité : un acheteur unique fera appel à la concurrence pour disposer des capacités de production dont il prévoit d'avoir besoin ; il paiera l'électricité au coût de production (investissement et fonctionnement) et la vendra conformément à un tarif réglementé qui orientera la demande de façon à utiliser le parc de production de la façon la plus efficace. Ainsi, le prix d'achat dépendra du moyen de production et non pas du moment où l'électricité est achetée ; par contre, le prix de vente sera le même à chaque instant quel que soit le moyen de production mais variera beaucoup en fonction du moment où elle sera vendue.

5-c) La politique de prix et la fiscalité de l'énergie

Recommandation 1 :

Prix de l'électricité : facturer l'électricité avec une partie fixe (l'abonnement) et un « prix de l'énergie » ; augmenter progressivement les prix pour se rapprocher des coûts de production. En 2030, le prix moyen « sortie centrale » sera sans doute supérieur à 8 \$/MWh (valeur 2009).

Recommandation 2 :

Pour apporter une aide sociale aux ménages à faibles revenus, ne pas diminuer le prix de vente de l'électricité mais donner à ces ménages une prime *indépendante de leur consommation* : ils n'y perdront pas et le « signal prix » n'aura pas perdu de sa force.

Recommandation 3 :

Prix du carburant, du fioul, du gaz et du charbon :

Etudier la création d'un impôt CO2 sur la consommation finale de carburant, fioul, le gaz et le charbon. Cet impôt sera indépendant de l'utilisation de l'énergie.

Comparer deux options : un impôt qui augmente progressivement sans dépendre du prix mondial du pétrole, du gaz ou du charbon, ou bien un impôt calculé de façon que *le prix à la consommation finale* du carburant, du fioul et du gaz augmente progressivement et indépendamment du prix mondial du pétrole, du gaz et du charbon.

5-d) Financer les actions qui permettent d'éviter des émissions de CO2

Recommandation 1 :

Proposer des financements qui répondent exactement aux besoins de ceux qui investissent ; en particulier, protéger les investisseurs de l'incertitude sur l'évolution du prix mondial du pétrole, du gaz et du charbon

Par exemple : un prêt dont l'anuité de remboursement est égale à l'économie d'énergie fossile réalisée ; ou un prêt remboursable par la session gratuite d'une certaine quantité du bien produit par l'investissement (du bois en cas de sylviculture, de l'électricité en cas d'électricité renouvelable).

Recommandation 2 :

Associer l'aide accordée par le Mécanisme de développement propre (MDP) et l'aide publique au développement pour que le MDP fonctionne de façon efficace et équitable :

Aujourd'hui, le MDP est spéculatif ; il est proposé une méthode pour que le résultat de la spéculation serve au développement (au lieu de bénéficier à des spéculateurs privés) : financer les projets utiles avec les crédits de l'aide au développement et verser les titres MDP générés par ces projets dans une caisse publique qui, lorsqu'elle les aura vendus, utilisera pour le développement le produit de la vente.

Propositions de suites à donner aux travaux de la session

- Affiner et compléter des scénarios de ressources et emplois d'énergie d'ici 2050
- Prolonger l'étude sur les capacités de stockage du CO2
- Donner une suite aux coopérations qui se sont engagées à l'occasion de cette session – voir ci-dessous
- Prolonger l'étude sur le régime de l'électricité.
- Entre le ministère de l'agriculture et, du côté français, le CIRAD : réaliser une étude de terrain sur la production et la consommation des différentes formes d'énergie en milieu rural ; élaborer des scénarios d'évolution en tenant compte du contexte culturel et social.

Coopérations nouées à l'occasion de la session et susceptibles de se prolonger :

- La ville de Can Tho, VIAP, l'Agence de l'urbanisme, P. Mayet (Urba 2000), et l'AFD pour étudier le développement de cette ville ;
- Le VIAP et l'Institut de l'énergie du côté vietnamien et Explicit du côté français : étude de la relation entre le mode d'urbanisation et les modes de transport ; entre la consommation d'énergie et les émissions de CO2 ;
- Bérim du côté français et l'Agence de développement urbain sur les réseaux de froid
- BRGM, EDF, Alstom, Total, le service de géologie du MONRE, Vinacomin et l'Institut vietnamien du pétrole sur le captage et le stockage du CO2
- Citelum et la ville de Hanoï, à l'occasion notamment du millénaire de Hanoï
- L'AFD et le MONRE au sujet du financement des actions permettant d'éviter des émissions de CO2.

Rappel de coopérations existantes

- Enerteam du côté vietnamien, l'AFD et l'ADEME du côté français qui travaillent sur l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'énergie en milieu rural, notamment la biomasse.

Autres coopérations évoquées à l'occasion de cette session

Possibilités de coopération dans le domaine de la formation dans les métiers du nucléaire

Avec la ville de Bordeaux, qui a su grâce au tramway repousser les voitures hors du centre ville et susciter une nouvelle animation urbaine

Recommandations à signaler particulièrement, pour leur nouveauté ou les enjeux qu'elles portent :

- Engager un programme d'action complet pour pouvoir capter et stocker le plus tôt possible de très grandes quantités de CO2
- Améliorer la connaissance statistique de la consommation d'énergie
- Le régime de l'électricité : trouver un équilibre efficace entre marché concurrentiel et gestion centralisée
- Porter le prix de l'énergie à un niveau qui correspond au coût de production ; ce prix inclura de plus en plus les effets de la contrainte sur les émissions de CO2
- Mettre en place des financements qui correspondent exactement aux besoins, en protégeant autant que possible l'investisseur de l'incertitude sur les fluctuations du prix de l'énergie
- Articuler différentes formes d'aide internationale pour que le produit de la spéculation sur le CO2, qui peut être très important, bénéficie aux pays en développement et non à des intérêts privés

Annexes

Quatre tableaux de ressources et d'emplois d'énergie en 2050

Le tableau ci-dessous présente quelques chiffres significatifs issus de quatre tableaux d'équilibre entre ressources et emplois d'énergie en 2050 selon quatre scénarios différents

- Le scénario T selon une évolution tendancielle
- Trois scénarios avec moins d'émissions de CO₂ que selon l'évolution tendancielle
 - Scénario A : en agissant sur la production d'énergie : biocarburant et production d'électricité
 - Scénario B : en agissant sur la consommation d'énergie par les transports de personne et le secteur résidentiel.
 - Scénario C : avec encore plus de biocarburant et de nucléaire et moins de consommation par l'industrie.

Dans le tableau ci-dessous, sont indiquées en gras **les causes** des modifications apportées dans un scénario par rapport au scénario tendanciel. Ces causes (davantage de nucléaire, moins de consommation...) ont bien sûr un effet sur d'autres chiffres (production d'électricité à partir de charbon, consommation de produits pétroliers, etc.).

	En 2010	En 2050			
		Scénario T	Scénario A	Scénario B	Scénario C
Consommation finale d'énergie -Mtep					
Totale	49	277	277	235	196
Par secteur - Mtep					
Industrie	16	122	122	122	90
Transport	11	63	63	42	42
Résidentiel et tertiaire	22	90	90	68	68
Par type d'énergie- Mtep					
Electricité	7,3	125	125	109	96
Pétrole et gaz	19	107	104	90	54
Charbon	7	24	24	22	16
Biomasse chaleur, y/c biogaz	15,5	12	12	12	12
Biocarburant	0,1	8	12	12	22
Production d'électricité TWh					
Totale	92	1540	1540	1425	1320
A partir de gaz et charbon sans CCS	54	1255	778	659	474
Avec CCS		0	265	265	265
A partir de nucléaire		160	320	320	400
A partir de grande hydraulique	34	110	110	110	110
A partir d'autres sources renouvelables	2	18	73	73	73
Importation d'électricité TWh	3,5	50	50	50	50
Emissions de CO₂					
En tonnes de carbone, tC	33	374	270	221	147
En tonnes de CO ₂ , tCO ₂	120	1370	990	790	520
En tCO ₂ par personne	1,4	10,5	7,4	6,1	4

Pour éviter des émissions par rapport au scénario tendanciel

Production d'énergie

Emissions évitées

Hypothèses de l'Institut de l'Energie		
Production de biocarburant	11,7 Mtep au lieu de 7,7	14 MtCO ₂
Electricité renouvelable hors grands barrages	18 GW au lieu de 4 55 TWh de plus	24 MtCO ₂
Nucléaire	40 GW au lieu de 20	130 MtCO ₂
Captage et stockage du CO ₂ produit par les centrales au charbon	La moitié de la production à partir de charbon	210 MtCO ₂
Hypothèses complémentaires		
Encore plus de nucléaire	10 GW de plus	35 MtCO ₂
Encore plus de biocarburant (2 Mha)	11 Mtep de plus	40 MtCO ₂

Consommation d'énergie

Hypothèses de Explicit		
Consommation dans l'habitat urbain	30 Mtep au lieu de 50 Mtep	130 MtCO ₂
Consommation par le transport des personnes	9 Mtep au lieu de 30	70 MtCO ₂
Hypothèse complémentaire		
Moindre croissance de la consommation d'énergie et d'électricité par l'industrie	Energie : 90 Mtep au lieu de 123 Elect : 60 Mtep au lieu de 76	190 MtCO ₂

Au total

	Emissions MtCO ₂		Emissions évitées
	Totales	par personne	
Scénario de référence	1370 MtCO ₂	10,5 tCO ₂	
Hypothèses Institut de l'énergie	990 MtCO ₂	7,4 tCO ₂	380 MtCO ₂
Hypothèses IE et Explicit	790 MtCO ₂	6,1 tCO ₂	580 MtCO ₂
Toutes hypothèses additionnées	520 MtCO ₂	4 tCO ₂	850 MtCO ₂

Production d'électricité renouvelable dans le scénario tendanciel (scénario 1) et dans les scénarios « moins de CO₂ » (scénarios 2)

Taux de fonctionnement	Scénario 1		Scénarios 2	
	Puissance GW	Production TWh	Puissance GW	Production TWh
0,5	2,5	11	4	17,5
0,6	0,5	2,6	1	5,3
0,2	0,6	1	3	5,2
0,12	0	0	1	1
0,6	0	0	2,5	13
0,6	0,6	3,2	2	10,5
0,6	0	0	2	10,5
0,35	0	0	3	9,2
TOTAL	4,2	17,8	17,5	72,2