

---

# **Chine : investir dans la maîtrise de l'énergie**

---

Actes du séminaire franco-chinois, Chengdu (Sichuan), 2006

Agence Française de Développement  
Département de la Recherche

---

## **Avertissement**

Les analyses et conclusions de ce document sont formulées sous la responsabilité de ses auteurs. Elles ne reflètent pas nécessairement le point de vue officiel de l'Agence Française de Développement ou des institutions partenaires.

Directeur de la publication : Jean-Michel SEVERINO

Directeur de la rédaction : Robert PECCOUD

---

# Avant-propos

---

Cet ouvrage rassemble les actes d'un séminaire franco-chinois sur la **mise en œuvre et les financements des investissements de maîtrise de l'énergie** qui s'est tenu à Chengdu (Sichuan) les 6 et 7 avril 2006.

Ce séminaire a été organisé conjointement par **la Commission nationale pour le développement et la réforme (NDRC) et l'Agence Française de Développement (AFD)**.

Les actes ont été rédigés par Elisabeth Bourguinat.



# Sommaire

<b>RÉSUMÉ</b> .....	7
<b>PRÉFACE</b> .....	15
<b>OUVERTURE DU SÉMINAIRE</b> .....	19
<b>1. MÉTHODOLOGIE ET ÉTAT DES LIEUX DE LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE</b>	21
1.1. La construction d'une économie à haute qualité énergétique .....	21
1.2. Priorités de R&D en France sur l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables .....	24
1.3. L'efficacité énergétique en Europe : leçons tirées pour les pays émergents .....	28
1.4. L'efficacité énergétique en Chine : actualité et principaux secteurs d'investissement .....	32
1.5. La politique des énergies renouvelables en Chine.....	35
<b>2. L'ORGANISATION DE LA VILLE</b> .....	39
2.1. Les villes efficaces en énergie.....	39
2.2. Interventions de l'AFD sur la programmation urbaine.....	41
2.3. Vingt ans d'efficacité énergétique à Montpellier .....	43
<b>3. LE BÂTIMENT</b> .....	47
3.1. Efficacité énergétique et réhabilitation thermique dans les bâtiments.....	47
3.2. Equipements et formations sur l'efficacité énergétique dans l'habitat en Chine.....	51
3.3. Solutions de pompes à chaleur et de stockage d'énergie .....	54

<b>4. LES TRANSPORTS</b> .....	55
4.1. Efficacité énergétique et transport urbain .....	55
4.2. Stationnement et modération des émissions du transport urbain .....	59
4.3. L'efficacité énergétique dans les chemins de fer .....	62
<b>5. L'INDUSTRIE</b> .....	69
5.1. L'efficacité énergétique dans l'industrie chinoise.....	69
5.2. L'expérience des ESCO en Chine.....	71
5.3. Les audits énergétiques dans l'industrie.....	72
<b>6. LA PRODUCTION D'ÉNERGIE RENOUVELABLE OU EFFICACE</b> .....	75
6.1. Les outils pour promouvoir l'électricité renouvelable sur le réseau en Europe.....	75
6.2. Perspectives du marché des énergies renouvelables en Chine .....	77
<b>7. ETUDES DE CAS</b> .....	79
7.1. La trigénération à Montpellier .....	79
7.2. Le renouveau de la petite hydraulique .....	81
7.3. Le développement de la géothermie en France et les opportunités pour la Chine.....	83
7.4. La cogénération charbon-bagasse, développement en France et à l'île Maurice.....	86
<b>8. DES OUTILS FINANCIERS POUR UNE HAUTE QUALITÉ ÉNERGÉTIQUE EN CHINE</b> .....	91
8.1. Le financement des projets de maîtrise de l'énergie .....	91
8.2. Les outils français d'aide commerciale aux investissements d'efficacité énergétique .....	94
8.3. Les outils financiers proposés par l'AFD .....	96
8.4. Les projets d'intermédiation bancaire de l'AFD.....	99
<b>CONCLUSION</b> .....	103
<b>LISTE DES SIGLES</b> .....	107
<b>LISTE DES INTERVENANTS</b> .....	109

---

# Résumé

---

## Christian de Gromard

(expert Energie, AFD)

La formule « maîtrise de l'énergie », lancée en France en 1981 à la suite des deux chocs pétroliers, désigne trois types d'actions complémentaires :

- *la régulation de la demande* (sobriété énergétique),
- *l'amélioration des rendements* (efficacité énergétique),
- *la promotion des énergies renouvelables*.

Les termes d'efficacité énergétique ou d'économie d'énergie sont parfois utilisés pour désigner cette thématique, qui est redevenue première dans l'agenda mondial après quinze années de relatif oubli.

En introduction, Ch. de Gromard (AFD) s'attache à caractériser les investissements de maîtrise de l'énergie : leur organisation par secteurs, leur construction économique associant mesures réglementaires et financières, la combinaison des incitations nécessaires pour corriger les insuffisances du marché. Ces incitations sont par exemple les subventions sur les volets immatériels (diagnostic, formation, régulation), les dispositions fiscales, des tarifs avantageux ou des bonifications de crédit pour les investissements physiques.

Les actions de maîtrise de l'énergie se déclinent par secteur et par type d'intervention. Elles peuvent donc être classées de façon matricielle, comme dans le tableau 1.

Tableau 1.  
Actions de maîtrise de l'énergie

	<b>REGULATION DE LA DEMANDE</b>	<b>EFFICACITE ENERGETIQUE</b>	<b>MOBILISATION DES RENEUVELABLES</b>
<b>INDUSTRIE</b>	Déclaration / Audits des consommations Benchmarking sectoriel (quotas)	Equipements / Process efficaces Récupération de chaleur Moteurs fréquence variables	Déchets agro-industriels
<b>HABITAT</b>	Mesures des consommations Labellisation	Construction haute efficacité Habitat bioclimatique Electrom é nager efficace	Chauffe-eau solaire Chaudières biomasse Chauffage géothermique
<b>TRANSPORT</b>	Plan déplacement urbain Transferts modaux (Rail/route...) Alternatives à la voiture	Véhicules sobres Electrification Chemin de Fer Fret combiné rail/route	Transports vélos/piétons Véhicules à biocarburants
<b>ENERGIE</b>	Tarifification économe Fiscalité de l'énergie	Cogénération Réduction pertes distribution	Electricité renouvelable Biocarburants Biocombustibles
<b>AGRICULTURE – FORET</b>	Régulation des combustibles domestiques urbains	Irrigation économe en eau Non labour / engrais organique	Cultures énergétiques Récupération résidus végétaux

M. Hamelin (ADEME) présente les priorités de la recherche soutenue par les pouvoirs publics français : la biomasse et le photovoltaïque pour la production d'énergie renouvelable, les transports sobres (automobiles à moins de 3 litres au 100 km, efficacité des transports publics et développement de l'intermodalité), le bâtiment à énergie zéro, le stockage du CO<sub>2</sub> complément incontournable des centrales à charbon.

Lu Wenbin et M. Zhou Huang (NDRC) dressent un état des lieux de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables en Chine. Le premier souligne l'importance de l'action dans l'industrie, qui compte pour environ 40 % de la consommation chinoise, 1 000 unités absorbant plus de 50 % de l'énergie du secteur. L'introduction de mesures d'étalonnage entre provinces et l'accent porté sur le secteur de la construction figurent parmi les axes du XI<sup>ème</sup> plan. M. Zhou Huang expose les résultats obtenus en Chine sur les énergies renouvelables, qui représentent 3 % dans le bilan énergétique national. La petite hydraulique totalise 39 GW en 2005 (4 GW en 2004), l'éolien compte 1 GW (une soixantaine de fermes éoliennes) et la biomasse industrielle quelques 2 500 unités.

La récente loi sur les énergies renouvelables incitant à des tarifs avantageux de rachat de l'électricité renouvelable vise à développer cette production.

M. Lopez (ICE) fait ressortir les résultats de la politique de maîtrise de l'énergie en Europe. Plus de 500 M tep (millions de tonnes équivalent pétrole) ont été économisées entre 1980 et 2004, soit presque l'équivalent des importations d'hydrocarbures (600 M tep) et plus du tiers de la consommation (1 500 M tep) actuelles de l'Union européenne. D'importants gisements subsistent, après le relâchement des politiques de maîtrise de l'énergie observé lors de la décennie quatre-vingt-dix. Plusieurs initiatives à l'échelle de la Communauté et des Etats membres visent à maintenir l'Union européenne dans une position de leader dans l'OCDE en matière d'énergie sobre.

## **La ville efficace en énergie**

L'urbanisation très rapide de la Chine, qui comptera plus d'un milliard de citoyens en 2020, donne une importance particulière à cette question.

J.-L. Plazy (ADEME) montre comment les autorités locales peuvent infléchir les consommations d'une ville dans (i) l'organisation de l'espace urbain, (ii) l'exercice tutélaire des réseaux d'énergie, de transports, de déchets et d'eaux usées, (iii) l'incitation à l'économie des ménages et des entreprises et (iv) la gestion des équipements publics (bâtiments communaux, écoles, hôpitaux...).

H. Breton (AFD) souligne l'importance de l'intégration de la maîtrise de l'énergie dans la planification urbaine. Il développe une application en cours dans la ville de Guyang pour renforcer la composante énergétique dans la programmation de l'environnement urbain.

M. Irigoien (directeur de l'Energie, Montpellier) fait le bilan de 20 ans d'efficacité énergétique dans la municipalité de Montpellier. En 1984, la ville s'est dotée d'un élu et d'un directeur chargés de la maîtrise de l'énergie. Trente deux millions d'euros au total ont été économisés sur cette période, en associant sobriété, efficacité énergétique et énergies renouvelables. Le coût annuel de l'énergie municipale est de 17,8 € par habitant contre 31 € en moyenne en France.

## **L'habitat à haute performance énergétique**

Le secteur de l'habitat représente 43 % de la consommation d'énergie en France et 30 % en Chine, où il est en pleine croissance.

M. Raoust et Y. Liu (ICE) exposent les résultats d'un programme novateur de coopération sur l'efficacité énergétique dans l'habitat lancé en Chine avec l'appui du FFEM en 1997. Ce programme montre comment avec 6 % d'investissements additionnels et un accompagnement, plus de 50 % d'économies ont pu être générés dans des programmes de logements de villes du Nord totalisant 800 000 m<sup>2</sup>. Un second programme lancé en 2004 ouvre de nouvelles pistes de coopération sur la climatisation (en particulier dans le sud) et sur la réhabilitation thermique des bâtiments.

T. Devillier (CFCME) souligne l'importance dans ce secteur d'application de la formation, les contenus devant être ciblés selon les acteurs : élus locaux, promoteurs, bureaux d'étude, entreprises de construction, enseignants d'universités ou de collèges.

## **Les transports sobres en énergie**

M. Mezghani (UITP) fait le bilan d'une étude lancée sur 50 villes pour analyser l'efficacité énergétique de leurs transports. L'étalement urbain, l'augmentation du taux de motorisation des ménages, la congestion accrue et la diversification des demandes de mobilité participent à la croissance exponentielle de la consommation énergétique des transports que l'on observe dans tous les pays. Les grandes métropoles européennes adoptent des solutions diversifiées pour essayer de contenir cette croissance non soutenable.

J. Delcroix (SARECO) montre comment intervenir sur un volet mal connu des politiques de transport urbain : le stationnement. Sur cette question, qui induit des consommations significatives et qui intéressent tous les acteurs urbains (élus, entreprises, ménages), la Chine pourrait tirer parti des expériences passées.

J.-M. Gerbeaux (SNCF) résume les performances du chemin de fer en France. A 70 % électrifiés, les trains ne pèsent que 0,5 % dans les émissions de CO<sub>2</sub> du transport

en France (87 % pour la route). La hausse des coûts du pétrole et de l'électricité relance l'économie d'énergie dans le train (récupération au freinage, formation des chauffeurs...). La SNCF escompte 10 % de réduction de ses consommations d'énergie dans les cinq prochaines années.

## **L'efficacité énergétique dans l'industrie**

L'exposé d'E. Francoz (AFD) souligne la nécessité de relancer les investissements d'efficacité énergétique en Chine, qui ont connu un ralentissement ces dernières années.

Dai Yande (ERI) indique les principaux obstacles à l'efficacité énergétique dans l'industrie en Chine. Il décrit le contenu d'un projet lancé avec l'appui de la Banque mondiale et du *Global Environment Fund* pour développer les ESCO (*Energy Service Companies*), qui permet de contourner certains de ces obstacles. Le projet a permis de mobiliser d'importants investissements, grâce à un dispositif adéquat de garanties.

J.-C. Mulet (Bertin) expose les principes de l'audit énergétique industriel et les mesures adoptées en France pour sa mise en œuvre : classement des entreprises grosses consommatrices d'énergie, règles de subventionnement partiel des études amont (pré diagnostic, diagnostic et faisabilité).

## **La production d'énergie renouvelable ou efficace**

M. Chen Jianping (CIAT) développe l'intérêt des pompes à chaleur et du stockage de l'énergie pour chauffer ou climatiser les bâtiments en Chine. Il liste également les contraintes de la diffusion de ces solutions bien maîtrisées techniquement mais encore novatrices dans leur montage économique et financier.

J.-L. Plazy (ADEME) dresse un état de la production d'énergie renouvelable en France et de ses objectifs pour 2010 : (i) biocarburant : 0,8 % de la consommation actuelle, objectif 7 % en 2010 ; (ii) électricité renouvelable 65 TWh (14 %), objectif 100 TWh (21 %) en 2010. Le développement de l'électricité renouvelable donne

désormais lieu à une programmation pluriannuelle fondée sur un diagnostic et l'organisation de concessions bénéficiant de tarifs avantageux.

Li Junfeng (CREIA) apporte des compléments sur la progression rapide de la production d'énergies renouvelables en Chine : 7 % pour la petite hydraulique, 13 % pour le chauffage géothermique, 29 % pour l'électricité éolienne, 29 % pour l'électrification photovoltaïque.

### Etudes de cas

Différentes filières sont présentées en précisant leurs aspects techniques, financiers et organisationnels : (i) la trigénération pour produire de l'électricité, de la chaleur et du froid à Montpellier (M. Irigoien) ; (ii) la petite hydroélectricité récemment relancée en France, avec l'exemple d'une approche programme dans la vallée du Doubs (O. Crepon, ISL) ; (iii) les développements de la géothermie en France et en Chine (O. Tournaye, CFG) ; (iv) la cogénération bagasse / charbon, qui produit plus du quart de l'électricité dans des collectivités françaises d'outre-mer et à l'île Maurice (L. Decrop, SIDEC).

### Les outils de financement de la maîtrise de l'énergie

12

Y. Liu (ICE) décrit les principaux outils financiers publics mis en place dans les pays de l'OCDE pour soutenir la diffusion des investissements d'efficacité énergétique. L'aide à la décision en amont reste un levier utile pour inciter les acteurs à investir. Des exemples de fonds *revolving* dédiés sont également présentés.

E. Francoz (AFD) expose les caractéristiques d'une ligne de crédit bancaire affectée à l'efficacité énergétique dans l'industrie, susceptible de démultiplier l'action des pouvoirs publics auprès des entreprises, en développant une offre de prêts adaptée.

T. Fabre (Consulat français, Chengdu) et C. Richard (AFD) présentent les différents outils de l'aide française qui peuvent être mobilisés sur les investissements de maîtrise de l'énergie en Chine. Ils vont de la subvention en amont ou en accompagnement des

projets aux prêts concessionnels, l'avantage comparatif étant modulable selon les secteurs et l'économie des projets.



---

# Préface

---

**Liu Xuhong**

Département de l'utilisation des capitaux étrangers  
Commission nationale du développement et de la réforme

Le département de l'utilisation des capitaux étrangers de la Commission nationale du développement et de la réforme (NDRC) et l'Agence Française de Développement (AFD) ont conjointement organisé dans la magnifique ville de Chengdu le « séminaire franco-chinois sur la mise en œuvre et les financements des investissements de maîtrise de l'énergie ». Je souhaiterais, au nom du département de l'utilisation des capitaux étrangers de la NDRC, adresser mes remerciements sincères aux différents partenaires : à l'AFD pour son organisation dynamique, à la Commission provinciale du Sichuan pour sa mise en œuvre méticuleuse, à nos experts Chinois et Français pour leur préparation attentionnée, au Bureau de l'énergie et au département de la conservation des ressources et de la protection environnementale de la NDRC pour leur soutien actif.

15

L'Assemblée populaire nationale vient d'adopter le programme du XI<sup>ème</sup> Plan quinquennal relatif au développement économique et social de la Chine. Ce programme, qui s'inscrit dans le concept de développement scientifique, est d'une importance capitale dans la mise en place d'une société harmonieuse. Nouveau point de départ historique, il esquisse les contours du colossal développement économique et social de ce deuxième lustre du XXI<sup>ème</sup> siècle. Les grands chantiers du XI<sup>ème</sup> plan quinquennal tels que présentés dans ce programme consistent : à établir une société économe en termes de consommation des ressources et respectueuse de l'environnement ; à développer des industries énergétiques en insistant sur la primauté des économies d'énergie et en développant à grande échelle les énergies renouvelables ; à favoriser l'économie circulaire et l'utilisation générale des ressources. Le Plan national d'utilisation

des capitaux étrangers du XI<sup>ème</sup> Plan quinquennal a été élaboré et publié officiellement. Durant cette période, la Chine entend employer les prêts concessionnels étrangers de manières, dynamique, rationnelle et efficace en renforçant la qualité et l'impact de leur utilisation. La Chine désire également améliorer leur orientation en favorisant davantage les économies de ressources, la protection de l'environnement et la préservation des écosystèmes. La France dispose de technologies avancées et d'expériences diverses en matière d'efficacité énergétique, d'énergies renouvelables et de réduction des émissions de gaz à effet de serre. L'utilisation des prêts de l'AFD apportera une contribution partielle au financement de projets dans les domaines précités tout en permettant à la Chine de découvrir et de mieux appréhender les diverses technologies françaises.

Ce séminaire nous fournit une bonne occasion d'échanger et de dialoguer, et nous espérons pouvoir en profiter pour mener des études plus approfondies. Le présent séminaire permettra aux provinces concernées de mieux connaître les secteurs d'intervention de l'AFD, ses conditions d'octroi de prêts et ses procédures. Il leur facilitera l'utilisation de ses financements, favorisant ainsi les économies d'énergie et l'efficacité énergétique.

---

# Préface

---

**Alain Henry**

Directeur

Département infrastructures et développement urbain, AFD

Les autorités chinoises ont engagé une politique volontariste de maîtrise de l'énergie. Le XI<sup>ème</sup> Plan quinquennal (2006-2010) vise à réduire de 20 % l'intensité énergétique du pays (rapport de la consommation d'énergie au PIB) d'ici 2010. La Chine est en effet le deuxième consommateur d'énergie au monde et le second émetteur de gaz à effet de serre. La croissance de sa consommation énergétique, qui repose à 90 % sur les hydrocarbures est déterminante pour l'avenir de la planète. De son côté, l'Agence Française de Développement a centré ses interventions en Chine sur la maîtrise de l'énergie, s'inscrivant ainsi dans une perspective de préservation des biens publics mondiaux.

La Commission nationale du développement et de la réforme et l'AFD ont donc organisé en avril 2006 un séminaire sur la mise en oeuvre des investissements de maîtrise de l'énergie, en s'attachant à ceux susceptibles d'être financés avec l'appui de l'aide française.

L'efficacité énergétique est un sujet multiple. Elle vise un changement à la fois individuel et collectif pour obtenir des comportements plus sobres en énergie. Le régulateur joue ici un rôle essentiel. Elle s'attache aussi à améliorer les rendements thermiques et mécaniques de nos outils et de nos commodités. Elle vise enfin la substitution d'énergies renouvelables aux sources d'énergie fossiles.

L'efficacité énergétique se niche dans les moindres usages. Elle se concentre dans les différents secteurs : l'industrie, l'habitat, les transports et la production d'énergie. Sa mise en oeuvre nécessite d'être ciblée sur des applications précises.

Les parties françaises et chinoises partagent l'idée que l'efficacité énergétique repose sur un effort de volontarisme exigeant une impulsion politique particulière et un travail de créativité en amont.

Deux lignes directrices ont structuré ce séminaire : (i) le traitement de la maîtrise de l'énergie par secteurs ; (ii) la priorité donnée au « local », du fait du caractère décentralisé des investissements. D'où le choix de tenir ce séminaire dans une Province, celle du Sichuan ayant bien voulu accueillir cette manifestation.

Le séminaire a rassemblé une centaine de participants – planificateurs, ingénieurs, économistes et financiers - concernés par la mise en œuvre de la maîtrise de l'énergie. Sept provinces chinoises étaient représentées. Parallèlement une vingtaine de praticiens sont venus de France pour partager leur expérience en la matière. Le séminaire s'est déroulé sur deux journées pour couvrir le champ des applications de cette thématique multisectorielle.

Les actes de ce séminaire résument le contenu des échanges, en donnant un aperçu de la vaste déclinaison sectorielle de la maîtrise de l'énergie.

# Ouverture du séminaire

## Li Yaping

Directeur général adjoint de la DRC (*Development Reform Commission*) du Sichuan

La province du Sichuan est une province importante de l'ouest et connaît un fort développement : son PIB a augmenté de 70 % depuis 2000 et le revenu par habitant de 42 % entre 2000 et 2005. Le réseau routier s'est considérablement étendu, toutes les voies de chemin de fer ont été électrifiées et la province possède aujourd'hui dix aéroports, avec un trafic de 14 millions de passagers pour le seul aéroport international de Shuangliu.

Notre objectif est de poursuivre notre croissance au rythme de 9 %, tout en respectant l'environnement. Pour cela, nous devons améliorer notre efficacité énergétique et ce colloque ainsi que les interventions des experts nous aideront certainement à faire face à ces enjeux.

Le Sichuan est une province ancienne dotée d'une riche culture et de conditions naturelles exceptionnelles. J'espère que cette rencontre vous offrira l'opportunité de la découvrir et d'apprécier l'hospitalité des Sichuanais. Je vous souhaite de fructueux travaux.

## Jacques Dumasy

Consul général de France à Chengdu

La montée en puissance de la Chine depuis vingt-cinq ans constitue un défi majeur à l'échelle mondiale, d'un point de vue économique mais aussi environnemental. La croissance chinoise est en effet marquée par une urbanisation rapide, une forte industrialisation et une importante augmentation du niveau de vie qui entraînent un accroissement exponentiel de la demande en énergie. La Chine est désormais le deuxième consommateur d'énergie au monde, principalement sous forme de charbon, de sorte qu'elle est également le deuxième émetteur de gaz à effet de serre au monde après les Etats-Unis, avec 15 % des émissions mondiales. Les autorités chinoises savent qu'elles doivent impérativement répondre à la demande en énergie pour maintenir le rythme de croissance actuel, mais aussi trouver de façon urgente des solutions pour accroître l'efficacité énergétique.

La Chine consomme en effet cinq fois plus d'énergie par point de PIB que l'Europe ou le Japon. Le gouvernement chinois a déjà pris des mesures au plan national et signé les accords de Kyoto en 2003. Lors du passage en Chine du président français, Jacques Chirac, en octobre 2004, un accord de promotion de projets de développement propre a été conclu. Il avait été précédé d'une déclaration conjointe franco-chinoise concernant le développement durable, en janvier 2004, lors de la visite en France du président Hu Jintao ; d'un accord cadre en avril 2004 entre le ministère chinois des Finances et le ministère français de l'Economie, des Finances et de l'Industrie ; et d'un accord cadre entre le ministère chinois des Finances et l'Agence Française de Développement, également en octobre 2004.

L'AFD, qui a choisi l'efficacité énergétique comme axe majeur d'intervention en Chine, a déjà engagé 152 millions d'euros à ce titre en 2005 et compte engager des montants du même ordre en 2006 et dans les années à venir. Ce colloque a pour objet d'échanger sur la nature des projets que l'AFD peut financer à ce titre et sur les instruments financiers qui peuvent être utilisés pour cela.

Je suis particulièrement heureux qu'une telle rencontre ait lieu à Chengdu et je tiens à remercier les organisateurs chinois et français, ainsi que tous les participants.

# Méthodologie et état des lieux de la maîtrise de l'énergie

1

## 1.1. La construction d'une économie à haute qualité énergétique

**Christian de Gromard**, expert Energie à l'AFD

L'objectif que nous poursuivons est la construction d'une économie à haute qualité énergétique. La qualité énergétique d'une économie dépend de trois facteurs. Le premier est son efficacité énergétique, c'est-à-dire le **rendement de ses équipements**. Par exemple, le rendement d'une automobile est actuellement de moins de 20 % ; celui d'une centrale électrique conventionnelle de l'ordre de 30 %. Le deuxième facteur est le **taux d'énergie renouvelable** dans l'ensemble de l'énergie consommée ; actuellement, ce taux est de 8 % pour la France et de 7 % pour la Chine. Le troisième est **l'intensité énergétique**, c'est-à-dire la quantité d'énergie nécessaire pour produire un point de PIB, qui caractérise la demande d'énergie d'une économie

21

Nos économies du XX<sup>ème</sup> siècle présentent une piètre qualité énergétique. Les rendements énergétiques sont généralement inférieurs à 30 %, ce qui signifie que plus des deux tiers de l'énergie sont perdus. La part de l'énergie renouvelable est en général de moins de 10 %, et nos économies sont très gourmandes en énergie pour produire de la richesse. Une mobilisation vers une plus grande qualité énergétique s'impose pour trois raisons : pour économiser notre patrimoine d'énergies fossiles ; pour lutter contre le changement climatique ; pour assurer la sécurité des approvisionnements, car toute crise dans la fourniture en énergie menace directement l'activité économique.

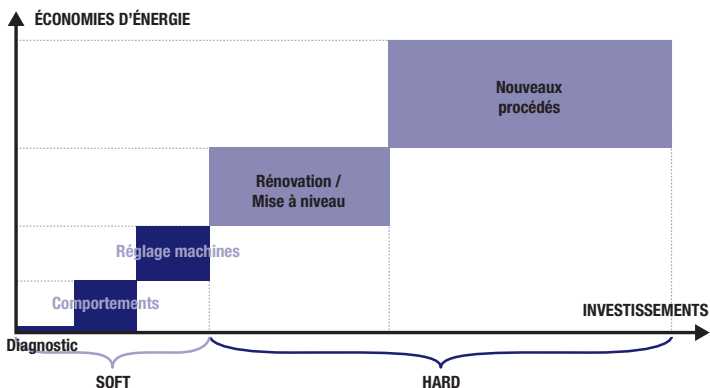
En découlent les trois pistes d'action : l'amélioration de l'efficacité énergétique, la mobilisation de toutes les énergies renouvelables et la régulation de la demande.

### **Une construction par étapes**

Une haute qualité énergétique se construit comme une maison à plusieurs étages. Au rez-de-chaussée, on trouve le diagnostic énergétique initial ; suivent les actions pour mobiliser les acteurs et les inciter à modifier leurs comportements ainsi que le réglage des machines et des équipements ; puis viennent les interventions de rénovation de l'existant et la construction de nouvelles installations. A chaque niveau correspondent des coûts d'investissements et des économies d'énergie. Le diagnostic initial coûte de l'argent et ne rapporte rien, de sorte qu'on a tendance à sauter cette étape, alors qu'elle est très importante. C'est la raison pour laquelle les pouvoirs publics interviennent de façon privilégiée pour soutenir ce type d'investissement.

Les deux étapes suivantes, la mobilisation des acteurs et le réglage des équipements, sont peu onéreuses car elles sont de l'ordre de l'immatériel, mais elles posent des problèmes d'organisation. Entre les deux dernières étapes, réhabilitation et investissement dans le neuf, les banquiers privilégient souvent la seconde, car la réhabilitation est plus complexe et ne fait pas apparaître d'actifs nouveaux. Bien souvent, d'ailleurs, on saute directement à la dernière étape, celle de la réalisation d'équipements neufs, en négligeant les étapes précédentes, pourtant essentielles.

Graphique 1.  
**La HQEN, un investissement par niveaux (0+4)**



	<b>0 Diagnostic énergétique</b>	<b>1 Organisation des comportements</b>	<b>2 Réglage des machines</b>	<b>3 Rénovation / mise à niveau</b>	<b>4 Nouveaux procédés</b>
<b>Habitat</b>	Diagnostic thermique	Température de consigne (19°)	Contrôle/ commande de la Chaudière	Isolation	Maison bioclimatique
<b>Industrie</b>	Diagnostic énergétique	Responsable énergie	Système de télémesures	Moteurs à vitesse variable	Nouveaux process
<b>Transport</b>	Plan déplacement urbain	Conduite sobre	Réglage carburation	Changement de véhicule	Abandon voiture Vidéo conférence

### **Une organisation par secteurs**

La mise en œuvre de la qualité énergétique s'organise par secteurs en distinguant ceux de ***l'industrie, du transport, de l'habitat, de l'agriculture et de la fourniture d'énergie***. Dans chacun des secteurs, les trois types d'actions – efficacité énergétique, énergies renouvelables et régulation de la demande – se complètent. Par exemple, dans le transport, on associera la promotion de véhicules basse consommation, le développement de pistes cyclables et de filières de biocarburants à des mesures de régulation des déplacements et de stationnement urbain. Dans l'habitat, l'isolation des bâtiments, le chauffage solaire ou géothermique et les réglementations thermiques se renforcent mutuellement.

### **Les outils**

Pour mettre en œuvre une économie à haute qualité énergétique, les pouvoirs publics disposent d'une palette d'outils. Certains sont peu coûteux, comme la réglementation, qui peut être contraignante ou incitative. Les outils tarifaires, en particulier, ne coûtent rien à l'Etat et s'avèrent très efficaces. Il s'agit d'imposer des surcoûts aux acteurs qui consomment l'énergie de façon excessive, et de faire payer moins ceux qui la consomment efficacement ou sobrement. La fiscalité est actuellement le principal instrument utilisé par les Etats européens : ils encouragent les investissements

généralisant de l'efficacité énergétique sous forme de crédits d'impôts. On voit aussi apparaître des détaxes pour les activités recourant à des énergies non fossiles. Les aides budgétaires sont le troisième type d'outil. Elles prennent la forme de subventions ou de crédits bonifiés. Au cours de ce séminaire, nous évoquerons en particulier ces derniers, qui peuvent avoir un effet de levier important si l'incitation est associée à un réel surcroît de performances énergétiques.

Les contraintes qui pèsent sur les ressources publiques rendent nécessaires l'association de ces différents outils et la sélectivité des projets d'investissement, en combinant les critères techniques et financiers. L'exploitation des gisements d'énergie renouvelables ou d'efficacité énergétique s'organisent méthodiquement : aérogénérateurs dans les sites les plus ventés, petite hydroélectricité dans les bassins versants qui s'y prêtent, réduction des pertes dans les secteurs où elles sont significatives, le transport et la production d'électricité, notamment.

### 1.2. Priorités de R&D en France sur l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables

**Michel Hamelin**, département international de l'ADEME

L'ADEME (Agence gouvernementale de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) est un établissement public de l'Etat français. Placée sous la tutelle des ministères chargés de la recherche, de l'environnement et de l'énergie, elle a une responsabilité importante dans l'orientation des programmes de recherche publics, qui peuvent être complétés par des interventions dans le cadre de la recherche conduite par les entreprises. Globalement, les dépenses de recherche prévues pour cinq ans dans le domaine des énergies non nucléaires sont de l'ordre de 1,5 milliard d'euros. Partenaire de l'Agence nationale de la recherche, l'ADEME contribue à la gestion de la part publique de ces dépenses qui est de l'ordre de 600 millions d'euros.

Le gouvernement français, s'appuyant sur les données fournies par l'AIE (Agence internationale de l'énergie), a préconisé que les pays industrialisés divisent par quatre leurs émissions de gaz à effet de serre entre l'an 2000 et l'an 2050. Cet objectif permet de préserver une marge raisonnable de consommation et d'émission pour les pays qui

souhaitent légitimement accroître de façon importante leur activité économique, en particulier la Chine. Les programmes de recherche qui suivent démontrent la volonté de la France d'aller de l'avant dans la réduction de ses émissions de CO<sub>2</sub> et de ses consommations d'énergie.

### ***Le développement des énergies renouvelables***

Nous souhaitons tout d'abord élargir le périmètre des **bioressources** utilisables et économiquement acceptables. Des travaux seront lancés sur la valorisation des matières ligneuses et leur conversion par différentes voies, en particulier les voies thermochimiques et biologiques. L'objectif est de produire de l'hydrogène et du méthane. Nécessaires pour le développement de filières ultérieures, en particulier les piles à combustibles, ils peuvent également être valorisés dans d'autres applications assez rapidement. Nous comptons aussi conduire des recherches sur les biocarburants et par exemple sur la production de lipides par la filière biologique. Une des priorités sera la démonstration de la faisabilité économique de ces nouvelles technologies de conversion de la biomasse, ainsi que l'élaboration de stratégies locales pour l'utilisation de la ressource et le développement d'écoproduits associés. On peut songer par exemple à la production de matières plastiques à partir de la chimie de la biomasse, ou encore à la fabrication de matériaux de construction permettant de stocker du carbone sous forme de biomasse. Les objectifs à l'horizon 2010 sont d'augmenter de 50 % la production d'énergie thermique d'origine renouvelable ; de porter à 21 % la part de la consommation d'électricité d'origine renouvelable ; et de porter à 5,75 % la part des carburants d'origine biomasse (la part actuelle étant d'environ 1 %).

Le second axe en matière d'énergies renouvelables concerne le **photovoltaïque**. Son développement est actuellement limité par le prix des composants. Notre objectif est de réduire les coûts de fabrication des composants et des systèmes afin de produire des panneaux ayant un coût de revient de l'ordre de 2 euros par Watt. Nous devons également améliorer les rendements de conversion des modules photovoltaïques, afin de les faire passer de 13 % à 20 %. La durée de vie de ces modules devra également être accrue, car la garantie de 10 ans qui s'applique actuellement aux bâtiments va bientôt passer à 30 ans, et les éléments photovoltaïques insérés dans les constructions devront être suffisamment fiables pour supporter des garanties de cet ordre.

### ***Des transports propres et économes***

Notre deuxième priorité concerne le transport propre et économe. Les recherches sur l'amélioration des technologies des véhicules seront prises en charge par l'Agence d'innovation industrielle qui vient d'être créée et disposera de montants substantiels pour travailler sur ce champ. L'un des programmes annoncés vise à réduire la consommation des voitures particulières à 3 litres aux 100 km. Cet objectif avait déjà été fixé dans les années 1980, mais entre temps, les gains obtenus ont été largement compensés par l'augmentation du poids des voitures liée à des contraintes de sécurité ou à la demande de confort. De notre côté, nous nous intéresserons surtout à l'amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules terrestres et à l'utilisation de sources d'énergies alternatives : biocarburants mais aussi piles à combustible.

Le développement de transports multi-modes constitue également un programme de recherche important, qu'il s'agisse d'interopérabilité, c'est-à-dire de l'aptitude des différents modes de transport à fonctionner ensemble, ou de l'intermodalité, c'est-à-dire de la capacité d'un voyageur à utiliser différents modes de transports sur un trajet déterminé. Nous travaillons également à l'amélioration de la fréquentation des transports en commun et au développement de nouvelles technologies de communication permettant de réguler les réseaux, d'informer les usagers en temps réel, de suivre les marchandises, etc. Les objectifs sont d'accroître la sécurité des systèmes de transport, d'améliorer la protection de l'environnement, de contribuer aux objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre, et enfin d'assurer la mobilité durable des personnes et des biens.

### ***Des bâtiments sans émission de gaz à effets de serre***

La notion de bâtiment sans émission de gaz à effet de serre, c'est-à-dire pratiquement sans perte thermique vers l'extérieur, est un concept nouveau. Les recherches portent sur les matériaux et les technologies pour la construction neuve mais aussi pour la réhabilitation de l'existant, avec pour objectif de conférer aux bâtiments anciens des performances énergétiques équivalentes à celles des bâtiments neufs. Elles portent également sur le champ sociologique, car les gains liés aux nouvelles technologies peuvent être très vite perdus si les occupants n'adoptent pas un mode

vertueux d'utilisation des moyens mis à leur disposition. Par exemple, il ne sert à rien de réaliser des bâtiments thermiquement étanches si les occupants ouvrent continuellement les fenêtres. L'objectif global est de diminuer fortement et de façon généralisée la consommation d'énergie et la contribution à l'effet de serre du stock de bâtiments existants ; d'édifier des bâtiments consommant environ quatre fois moins que les constructions neuves actuelles ; de construire des bâtiments sans pertes thermiques et à émissions de CO<sub>2</sub> nulles, voire producteurs d'énergie.

### **Les écotechnologies**

Le secteur des écotechnologies, c'est-à-dire des technologies qui contribuent au développement durable, connaît en France une croissance « à la chinoise » de 8 % par an. Les priorités dans ce domaine visent à assurer une meilleure gestion des ressources en eau, ou encore l'aménagement et la protection des hydrosystèmes ainsi que des sites vulnérables, en particulier contre les risques liés aux crues. Un autre champ d'application est la gestion des matières premières et des déchets. Ceci passe par un effort important sur la réduction des emballages, sur l'éco-conception des produits afin qu'ils consomment moins de matière et d'énergie, et sur le recyclage. Les travaux portent également sur la nocivité de certains produits qui sont parfois responsables d'une dangereuse pollution à l'intérieur des logements. Enfin, des recherches seront consacrées à la réduction des nuisances sonores, fléau des villes modernes.

### **La capture et le stockage du CO<sub>2</sub>**

Les concepts de capture et de stockage du CO<sub>2</sub> peuvent paraître futuristes mais seront très rapidement indispensables pour répondre aux obligations que les pays industrialisés se sont fixées dans le cadre des accords de Kyoto. L'objectif des recherches dans ce domaine est d'abord économique : il s'agit de réduire les coûts à un montant inférieur à 20 euros par tonne de CO<sub>2</sub> capturée et stockée, sans quoi cette technologie trouvera difficilement sa place sur le marché. Le carbone pourrait être stocké dans des mines désaffectées, dans des puits de pétrole en fin d'exploitation ou encore sous des couches de sel. Un des projets est d'installer un site de démonstration de la séparation et du stockage du gaz carbonique.

### **Les piles à combustible**

Parmi les différents types de piles à combustible, la pile à oxyde solide a l'avantage de produire elle-même l'hydrogène dont elle a besoin, mais aussi de capturer facilement le CO<sub>2</sub> qu'elle produit. Certaines opérations pilotes ont déjà eu lieu en France, y compris en milieu urbain, avec des piles à membranes avec échange de proton ou encore des piles à sels fondus. Cette technologie n'est cependant pas mature et présente encore des risques. Les recherches concernent maintenant le cœur de pile et les composants auxiliaires : dans les piles à très haute température, le cœur de pile est porté à 900 ou 1 000 degrés, ce qui pose des problèmes de chocs thermiques sur les composants.

L'hydrogène peut être utilisé comme carburant pour les véhicules et la France a pris une certaine avance sur l'utilisation des piles à combustibles dans cette application, mais il reste de nombreuses questions à régler comme le stockage de l'hydrogène embarqué, qui pose des problèmes de sécurité, celui de la distribution de l'hydrogène, qui se heurte à la porosité des métaux, ou encore celui de la fabrication de l'hydrogène en grande quantité, grâce à l'électrolyse et à d'autres procédés à haute température. Enfin, il faut développer les recherches sur les installations fixes et l'acceptabilité de ces installations par les riverains.

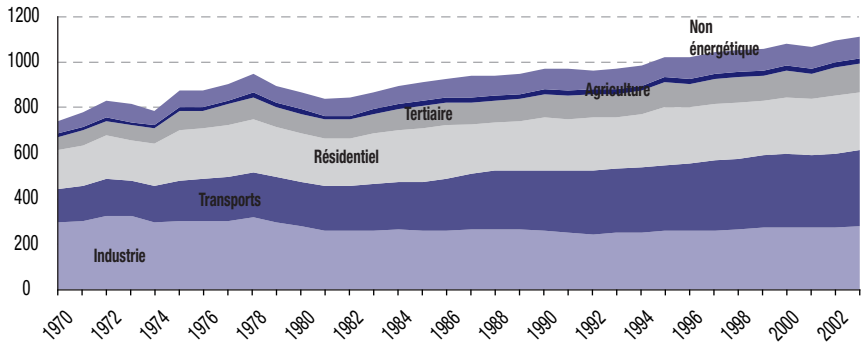
### **1.3. L'efficacité énergétique en Europe : leçons tirées pour les pays émergents<sup>1</sup>**

**José Lopez**, directeur d'International Conseil Energie

La consommation énergétique mondiale reste dominée par les énergies fossiles : la part du pétrole représente 35 %, celle du charbon 25 %, et celle du gaz naturel 21 %. La part de l'Union européenne dans la consommation mondiale d'énergie primaire est de 16 % et celle de l'Amérique du Nord 23 %. La répartition de cette consommation est très inégale puisque un quart de la population consomme plus de 60 % de l'énergie primaire.

<sup>1</sup> Préparé avec Bernard Laponche, ancien directeur de l'AFME, Agence française de la maîtrise de l'énergie.

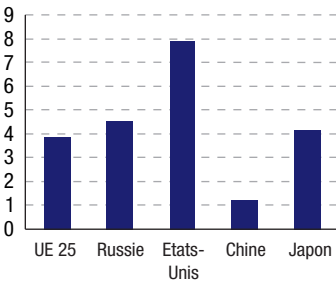
Graphique 2.  
Union européenne, consommation d'énergie finale par secteur (2004)



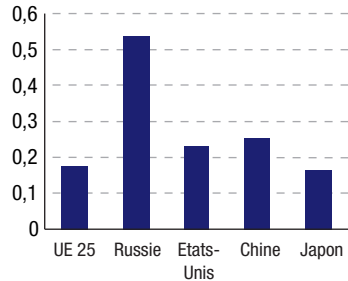
L'Union européenne est relativement sobre dans sa consommation par habitant et son intensité énergétique, c'est-à-dire la quantité d'énergie nécessaire pour générer une unité de PIB, est relativement faible. La Chine, pour sa part, a une consommation par habitant en moyenne très faible mais une intensité énergétique très élevée, d'où l'intérêt actuel de ses dirigeants pour l'efficacité énergétique.

Graphique 3.  
Les indicateurs globaux

Consommation d'énergie primaire par habitant (2004) des grands pays consommateurs



Intensités Énergétiques Primaires (2004) des grands pays consommateurs



**L'impact des premiers chocs pétroliers en Europe**

En Europe, la politique d'efficacité énergétique menée entre 1980 et 2004 a permis d'économiser, en 2004, 500 M tep, la consommation effective s'élevant à

1 500 millions. Il est intéressant de noter que les importations de pétrole dans l'Union européenne représentent actuellement 600 M tep, soit à peu près l'équivalent de ce qui a été économisé grâce à cette politique. L'analyse des consommations d'énergie depuis 1971 met en évidence deux coups d'arrêt correspondant aux deux chocs pétroliers de 1973 et 1979 et liés aux politiques vigoureuses d'économie d'énergie instaurées à cette époque. Depuis, en revanche, la détente des prix sur le marché du pétrole a entraîné un relâchement dans ces politiques et une remontée progressive de la consommation.

### ***L'énergie la moins chère est celle qu'on ne consomme pas***

Les années 1990 voient un retour de ces problématiques, à la fois pour des raisons de sécurité énergétique et de lutte contre le changement climatique. Une série d'initiatives européennes visent à relancer la politique de maîtrise de l'énergie, notamment le Livre vert sur la Sécurité des approvisionnements énergétiques (2002), selon lequel « *Les marges de manœuvre pour un accroissement de l'offre d'énergie sont faibles en regard des besoins, tandis que les potentiels d'action sur la demande d'énergie sont beaucoup plus prometteurs* ».

Cette analyse n'est pas partagée partout. Lors d'une réunion de travail pour le G8 à Moscou, le débat a porté exclusivement sur l'accroissement de l'offre par la valorisation des gisements et des réseaux, en oubliant les perspectives de réduction de la demande. Pourtant, l'énergie qui coûte le moins cher à fournir au consommateur est celle qu'il ne consomme pas. Selon le Livre vert sur l'efficacité énergétique (2005), « *L'Union européenne peut réduire sa consommation d'énergie de 20 % en 2020 par rapport aux tendances actuelles, par des actions dont la rentabilité économique est assurée* ».

### ***Perspectives d'économies d'énergie***

On peut imaginer deux scénarios d'économies d'énergies à l'horizon 2020. Le premier repose sur l'application rigoureuse des mesures déjà prises et permettrait d'économiser 190 M tep par rapport aux prévisions tendanciennes. L'économie serait de 13 % par rapport à la consommation énergétique de 2004. L'autre consiste à y ajouter de nouvelles mesures, volontaristes mais prenant en compte la faisabilité techno-économique des investissements. On obtient alors une économie de 360 M tep,

soit 30 % de la consommation énergétique de 2004. Les secteurs clefs sur lesquels ces économies pourraient être réalisées ne sont pas exactement les mêmes qu'en Chine : en Europe, les dérives de consommation sont essentiellement le fait du secteur résidentiel, tertiaire, et du secteur des transports. L'industrie offre encore des gisements intéressants, mais elle a déjà bénéficié de mesures d'adaptation suite aux premiers chocs pétroliers.

### ***Les instruments de l'Union européenne***

L'Union européenne s'est dotée d'un certain nombre d'outils pour atteindre ses objectifs d'efficacité énergétique. Il s'agit tout d'abord de plans d'actions et d'orientation, comme le Plan d'action pour l'efficacité énergétique (2000), qui est en cours de réactualisation, et le Plan d'action contre le changement climatique (protocole de Kyoto, 2000). Viennent ensuite les programmes liés à la recherche, l'innovation et la démonstration à travers une initiative européenne, l'EIE (Energie Intelligente Europe), qui permet d'apporter un soutien aux acteurs économiques pour les inciter à mettre en œuvre des technologies et des pratiques efficaces en énergie. Enfin, l'Union européenne a adopté des directives visant à adapter l'activité de certains secteurs économiques. Les directions en charge de ces incitations sont celles de l'énergie et des transports, de la recherche et de l'environnement.

Ces directives sont mises en œuvre de façon parfois très innovantes dans différents pays. Au Danemark, par exemple, a été créé, à partir d'une taxe sur la facture d'électricité, un fonds destiné à soutenir des actions d'économie ou de substitution d'électricité. En France, le FOGIME (Fonds de garantie pour les projets d'efficacité énergétique des PME-PMI) permet de soutenir les investissements de maîtrise d'énergie ou d'efficacité énergétique en particulier dans l'industrie. En Allemagne, la KfW propose des prêts bonifiés pour la réhabilitation de l'habitat. Enfin, on assiste également au développement de structures de type ESCO (*Energy Service Companies*), initiatives qui associent des financements publics et privés. Parmi les pratiques innovantes, on peut mentionner les certificats d'économie d'énergie, mesure obligatoire qui accompagne l'ouverture des marchés du secteur de l'électricité dans certains pays membres. Obligation est faite aux distributeurs d'électricité de réaliser des économies d'énergie au niveau des consommateurs.

Ces politiques européennes sont relayées par des agences nationales dans chaque Etat-membre, avec le réseau E<sup>n</sup>R ; par des agences régionales, avec le réseau FEDARENE (*European Federation of Regional Energy and Environment Agencies*) ; par des agences locales au niveau des municipalités, avec le réseau Energies-Cités, et enfin par des associations d'experts réunies au sein du ECEEE (*European Council for an Energy Efficient Economy*).

### **Investissements et mise en réseau**

La leçon qu'on peut tirer de ces expériences est que l'efficacité énergétique repose sur des investissements, mais aussi sur la convergence des moyens et des actions menées. Ceci suppose de définir des orientations stratégiques, de mettre en réseau les compétences, de prévoir des incitations aux différents niveaux d'acteurs et auprès des consommateurs finaux. La mobilisation de ressources financières est essentielle, mais il faut adosser à ces moyens financiers un cadre institutionnel et des relais afin de mobiliser les acteurs et déclencher les décisions de réalisation d'opérations d'efficacité énergétique.

## **1.4. L'efficacité énergétique en Chine : actualité et principaux secteurs d'investissement**

**Lü Wenbin**, directeur de l'Environnement à la NDRC

Les politiques adoptées par la Chine pour les cinq prochaines années s'articulent autour d'objectifs d'économies d'énergie, de secteurs définis comme prioritaires et d'outils destinés à mettre en œuvre ces politiques.

### **Les objectifs**

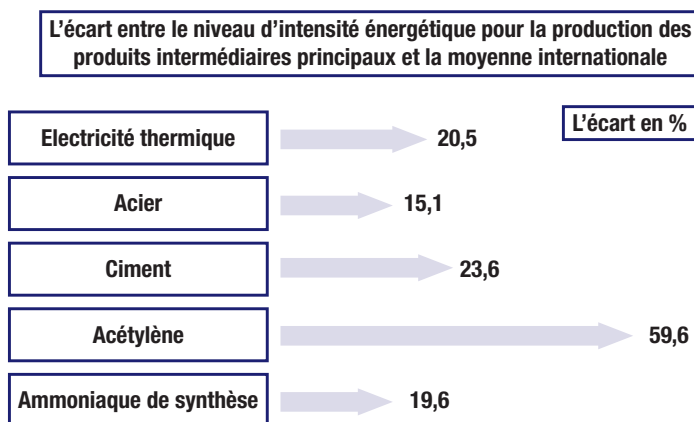
Le XI<sup>ème</sup> Plan quinquennal chinois (2006-2010) a fixé l'objectif de faire diminuer de 20 % l'intensité énergétique, rapport entre la consommation et le PIB, d'ici 2010. Les autorités locales se mobilisent actuellement dans tous les secteurs pour aligner leurs objectifs régionaux sur ces objectifs du Plan. La courbe de l'intensité énergétique a diminué jusqu'en 2003 mais a recommencé à augmenter à cette date ; en 2004, elle

est restée stable. Si elle conserve sa tendance actuelle, nous n'atteindrons en 2020 qu'une diminution de 10 % de l'intensité énergétique. Nous devons donc fortement accroître nos efforts et adopter des politiques encore plus contraignantes pour infléchir cette tendance. Nous avons commencé à réduire la distance qui nous sépare des pays développés en matière d'efficacité énergétique, mais nous disposons encore d'un très grand potentiel d'amélioration. Ceci vaut pour les équipements comme les automobiles ou les chaudières, mais aussi pour les matériaux de construction et dans l'habitat, secteurs pour lesquels, à conditions climatiques équivalentes, nous sommes de deux à trois fois moins efficaces. Compte tenu de ce gisement très important d'économies, l'objectif fixé par le XI<sup>ème</sup> Plan est cependant à notre portée.

### Les secteurs prioritaires

Pour l'atteindre, nous devons augmenter fortement l'efficacité énergétique du secteur industriel, qui est un gros consommateur d'énergie. La chimie et la sidérurgie, en particulier, devront se moderniser et abandonner les technologies obsolètes et polluantes. Dans le domaine des transports, il faudra diminuer la consommation des nouvelles voitures et leur appliquer des normes d'économie d'énergie rigoureuses. La politique fiscale incite déjà à l'achat de véhicules économes. Nous devons accélérer l'électrification des voies de chemin de fer et remplacer les navires anciens, vétustes

Graphique 4.  
Indicateurs industriels d'intensité énergétique, Chine - Moyennes internationales



et consommateurs. Les bâtiments doivent également devenir plus économes en énergie. Dans le secteur de l'électroménager, les consommateurs doivent être incités à acheter les produits qui répondent aux labels d'économie d'énergie. Pour l'éclairage, il faut également recourir à des systèmes moins consommateurs d'énergie.

### **Les projets développés par la NDRC**

La NDRC a mobilisé des dizaines d'organismes et des centaines d'experts pour préparer des projets relatifs à l'efficacité énergétique et les conduire dans les meilleures conditions possibles. L'un de nos projets concerne les chaudières industrielles, qui constituent souvent la principale source de pollution des villes : elles doivent être entièrement rénovées. Dans les régions où la demande en chaleur est importante, nous devons développer les centrales de co-génération et de tri-génération. Dans les villes de moindre importance, nous procéderons à la modernisation des installations de chauffage existantes. Un effort important portera sur l'optimisation des processus industriels. Nous souhaitons également généraliser les technologies qui permettent de réduire la consommation d'énergie dans les bâtiments, en incluant l'optimisation des systèmes de chauffage central. Nous allons enfin promouvoir des systèmes d'éclairage « verts ».

### **Les outils**

Le gouvernement a mis en place une palette d'outils réglementaires pour généraliser une meilleure gestion de la consommation des énergies. Les centres de surveillance et de diffusion des technologies d'économies d'énergie, au nombre de 150, sont en train d'être renforcés. Il s'agit d'un service public destiné à sensibiliser la population à ces objectifs. Les statistiques ont montré que si des mesures sont appliquées à tous les niveaux, nous pouvons économiser jusqu'à 200 M tec. Le gouvernement est par ailleurs en train d'élaborer un programme destiné à développer des technologies avancées, favorisant les économies d'énergie. Dans la province du Sichuan, par exemple, des mesures prioritaires ont été adoptées pour permettre de remplacer les équipements à forte consommation énergétique. Nous travaillons également à la modification de la loi sur les énergies renouvelables.

Autre mesure, une liste des 1 000 entreprises les plus consommatrices d'énergie va être publiée : elles représentent 50 % de la consommation d'énergie dans le secteur

industriel. Un effort prioritaire doit être réalisé dans ces entreprises si nous voulons atteindre nos objectifs. Nous allons également rendre publics les résultats obtenus par les différentes régions en matière de maîtrise de l'énergie. Les équipes de direction seront évaluées sur ces résultats, ceci afin que les objectifs gouvernementaux puissent être déclinés à tous les niveaux et dans tous les secteurs.

Le gouvernement réajuste les tarifs du pétrole et du charbon pour favoriser la diminution de la consommation, et instaure également diverses mesures fiscales et financières. La sensibilisation du public à ces questions est très importante ; pour cela, des opérations de communication sont prévues via les programmes de télévision aussi bien centraux que régionaux. Nous avons également organisé des séminaires et des campagnes de sensibilisation, notamment à travers « la semaine des économies d'énergie », ou encore des expositions sur les technologies qui réduisent l'intensité énergétique, que nous allons présenter dans les différentes provinces.

Pour coordonner tous ces efforts, nous avons créé une structure interministérielle constituée de personnalités issues des 25 institutions nationales du gouvernement, et nous travaillons dans tous les domaines concernés par les économies d'énergie. Enfin, nous devons trouver des financements pour les projets visant à réduire la consommation d'énergie. Certains d'entre eux sont de grande taille, mais il existe aussi une multitude de petits projets. Or seuls les grands projets peuvent bénéficier d'un crédit des gouvernements étrangers, alors que l'accumulation des petits projets peut elle aussi avoir un impact important.

### 1.5 La politique des énergies renouvelables en Chine

**Zhou Huang**, directeur des affaires énergétiques de la NDRC

La consommation énergétique chinoise repose essentiellement sur les énergies fossiles, notamment le charbon, dont nous disposons en abondance, mais qui provoque des problèmes de pollution importants. Dans la majorité des campagnes, 50 % de l'énergie est d'origine biologique, mais il s'agit d'une énergie à faible rendement, et 110 millions de Chinois n'ont toujours pas accès à l'électricité. Les demandes en énergie vont donc augmenter considérablement. Comment résoudre cette triple équation

entre la population, les besoins d'énergie et la croissance pour faire en sorte que d'ici 25 à 30 ans nous puissions continuer à nous développer dans de bonnes conditions ? Nous devons évidemment recourir aux énergies renouvelables qui ont l'avantage de protéger l'environnement, de limiter les émissions de CO<sub>2</sub> et de ne pas poser beaucoup de problèmes de sécurité.

### ***Etat actuel du développement des énergies renouvelables***

Les petites centrales hydro-électriques, dont la puissance installée en 2005 est de 39 GW alors qu'elle n'était que de 5 GW en 2004, permettent de répondre aux besoins d'environ un tiers des districts ruraux. Nous avons créé 59 stations éoliennes pour une puissance installée totale de 1,2 GW, et ces éoliennes sont aujourd'hui pour la plupart de fabrication chinoise. La puissance installée en énergie solaire a également fortement augmenté et désormais nous exportons des cellules photovoltaïques. Une de nos sociétés, leader dans ce domaine, a été cotée à la Bourse de New York et la Chine est devenue le premier producteur mondial. Nous disposons également de 2 500 centres industriels de combustion de biomasse et ce secteur est en pleine expansion. L'énergie géothermique en est encore à ses débuts ; nous commençons à la développer, notamment au Tibet.

Les énergies renouvelables représentent aujourd'hui 3 % du bilan énergétique global chinois. Nous avons accompli beaucoup de progrès technologiques et disposons maintenant d'une base solide pour les développer. Notre objectif est de diversifier autant que possible les types d'énergie et de favoriser les économies d'échelle. Par exemple, le chauffe-eau à énergie solaire constitue aujourd'hui une technique économe qui est parvenue à maturité ; si le gouvernement soutient ce type d'équipement, il pourra certainement connaître un grand succès. En cumulant le potentiel de l'ensemble de ces énergies renouvelables, nous devrions arriver en 2010 à une énergie équivalant à cent millions de tonnes de charbon.

### ***Mesures publiques pour le développement des énergies renouvelables***

Les énergies renouvelables ne jouissent cependant pas encore, auprès de nos dirigeants, de tout l'intérêt qu'elles devraient susciter. Il serait souhaitable que l'Etat se mobilise, comme il l'a fait pour le charbon, en sorte que ces énergies puissent se

développer. L'an dernier, nous avons édicté et promulgué une loi sur les énergies renouvelables, ce qui était une première en Chine. Cette loi exige que la NDRC ainsi que d'autres départements élaborent des politiques par exemple sur la fixation des prix ou encore sur la répartition des responsabilités, afin d'offrir des conditions privilégiées pour l'accès de ces énergies au réseau. Par exemple, les énergies éoliennes pourraient bénéficier de subventions afin de pouvoir obtenir certains marchés, sachant que les prix sont fixés par appel d'offre. Nous sommes en train de définir une procédure en ce sens. L'Etat souhaite aussi réserver de façon obligatoire une part du marché à ces énergies renouvelables et accorder des mesures avantageuses pour que les acteurs industriels de ce domaine puissent se renforcer sur le plan de la recherche et du développement. A travers ces efforts de législation, nous souhaitons promouvoir ces énergies et imprimer un essor à leur développement. Nous prévoyons que jusqu'en 2020, l'Etat jouera un rôle central à cet égard, avant que les mécanismes du marché prennent la suite.

### ***Apport des subventions étrangères***

Madame Liu Xuhong a évoqué le rôle d'entraînement très important joué par les investissements étrangers ; ces derniers ont également l'avantage de faciliter l'introduction dans notre pays des technologies plus avancées d'autres pays. Il y a dix ans, les banques commerciales chinoises n'auraient accordé aucun crédit à des projets de production d'électricité par l'énergie éolienne, car les technologies n'étaient pas aussi perfectionnées qu'aujourd'hui et elles ne pensaient pas que cette activité puisse être rentable. C'est parce que les centres de recherche ont bénéficié du soutien financier des pouvoirs publics que nous pouvons aujourd'hui produire de l'électricité d'origine éolienne. De même, l'utilisation de crédits gouvernementaux étrangers permet de promouvoir des technologies qui ne sont pas jugées rentables, dans l'immédiat, par les banques commerciales.

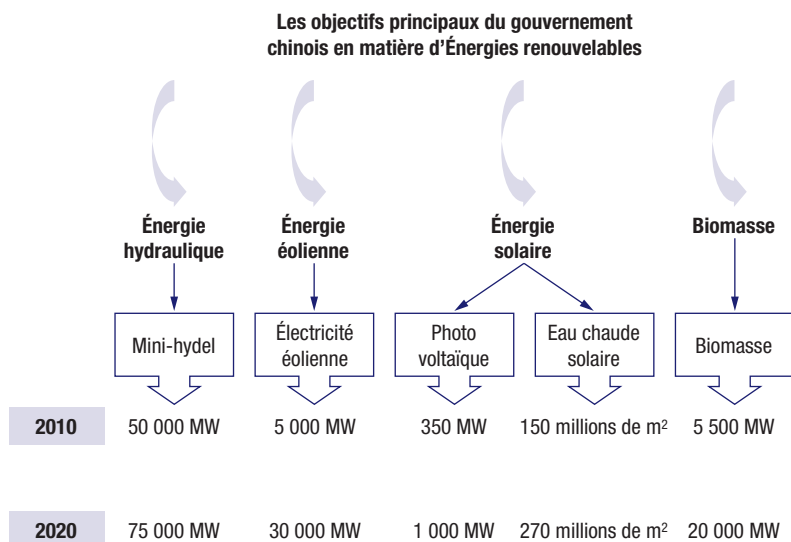
Ces dernières années, les investissements étrangers se sont moins portés sur le domaine de l'énergie éolienne, précisément parce que ces financements sont souvent assortis de l'obligation de recourir aux technologies du pays concerné. Or, en matière d'éoliennes, la Chine dispose désormais de ses propres technologies et le gouvernement chinois exige, pour les projets de petite taille, le recours à du matériel local à hauteur de 70 % des équipements. Pour les équipements de très grande capacité, en revanche,

nous pourrions continuer à recourir à l'importation. Personnellement, j'espère que grâce aux efforts conjoints du côté chinois et du côté français, nous parviendrons, tout en respectant ce critère de 70 % d'équipements localisés, à multiplier les équipements de petite taille.

Les différentes provinces n'ayant pas le même calendrier d'utilisation des crédits étrangers, peut-être serait-il possible de prévoir l'échelonnement de ces crédits au sein d'un même programme ? En effet, chacun de ces projets peut être de taille modeste, mais l'ensemble constitue un projet de grande envergure, susceptible de bénéficier de financements étrangers.

Graphique 5.

**Les objectifs principaux du gouvernement chinois en matière d'énergies renouvelables**



## **2.1. Les villes efficaces en énergie**

**Jean-Louis Plazy**, ADEME

Les municipalités peuvent agir de différentes façons en faveur de l'efficacité énergétique. Elles ont tout d'abord un rôle d'organisation de l'espace urbain et peuvent à ce titre localiser et segmenter les différentes zones de leur territoire pour des applications particulières. Elles ont également la possibilité d'accorder des concessions pour la gestion des réseaux d'énergie, de transport, d'évacuation des eaux usées. Elles ont un rôle d'incitation vis-à-vis des habitants et des entreprises implantées sur leur territoire, et peuvent, par la politique qu'elles se donnent en matière d'efficacité énergétique, influencer leurs comportements et leurs choix d'équipement. Enfin, les villes ont la charge de gérer leur propre patrimoine, qu'il s'agisse d'écoles, de théâtres, d'hôpitaux ou d'autres bâtiments publics.

39

### ***L'organisation de l'espace urbain***

Une ville comprend quatre types d'espaces à organiser les uns par rapport aux autres : les espaces dédiés au travail (zones industrielles...), à l'habitation, aux commerces, aux services (écoles, cinémas, etc.). L'un des moyens d'atteindre une plus grande efficacité énergétique consiste à limiter l'étalement urbain, qui génère des

déplacements importants. Pour cela, la ville dispose d'un outil de programmation à travers les Plans locaux d'urbanisme (PLU). Il s'agit de documents qui planifient l'organisation de l'espace. Leur préparation est souvent confiée à des agences d'urbanisme qui étudient, entre autres, l'impact de la répartition de l'espace sur les problèmes de déplacement et les problèmes énergétiques. Un deuxième moyen d'atteindre une plus grande efficacité énergétique consiste à favoriser l'utilisation des énergies locales, qu'il s'agisse de géothermie, de méthane, d'hydraulique. Pour cela, il faut organiser le transport de cette énergie afin qu'elle puisse être consommée dans la ville.

### ***Les programmes d'amélioration thermique des bâtiments***

La municipalité peut monter des opérations programmées d'amélioration thermique des bâtiments, comme cela a été fait dans une quinzaine de villes en France. Ces opérations se déroulent sur une durée de deux à trois ans et concernent des logements, des commerces, des équipements publics. A Grenoble, par exemple, nous avons monté une opération programmée portant sur 15 000 logements, 380 commerces, 25 bâtiments tertiaires et 20 bâtiments publics. L'économie d'énergie résultant de cette opération est évaluée à 550 tep par an. La réalisation de cette opération a coûté 6 millions d'euros, financés par la ville de Grenoble, l'ADEME et l'Agence nationale d'amélioration de l'habitat. Cette dernière perçoit une taxe sur les loyers des bâtiments anciens et réaffecte le montant de cette taxe aux propriétaires de logements occupés par des locataires pour qu'ils puissent réaliser des améliorations thermiques de ces logements. Enfin, les propriétaires et les commerçants ont bénéficié de prêts bancaires bonifiés grâce à des aides de l'Etat et de la région.

### ***Les incitations***

La ville peut également créer des incitations réglementaires à travers les permis de construire et le coefficient d'occupation des sols. Le coût des bâtiments à haute performance énergétique est plus élevé que pour les constructions ordinaires, car cette norme implique une sur-isolation et des équipements thermiques performants. Sachant que le prix du foncier est lui-même très élevé, nous envisageons d'autoriser sur certaines zones des constructions avec un étage supplémentaire par rapport à ce qu'autorise le coefficient d'occupation des sols. Lorsque le promoteur vendra l'immeuble,

cet étage de plus lui apportera une recette supplémentaire qui compensera le surcoût lié à la haute performance énergétique. Les villes peuvent également offrir des aides financières locales directes ou indirectes. Certaines encouragent l'utilisation des énergies renouvelables en réduisant le montant des taxes foncières sur les bâtiments. D'autres créent des centres de conseil et d'information destinés aux habitants qui souhaitent rénover leur logement. Si la ville adopte un comportement exemplaire pour la gestion de ses propres bâtiments, elle sera plus crédible lorsqu'elle incitera les habitants à rechercher une plus grande efficacité énergétique. La palette des actions possibles est variée : construire des bâtiments municipaux performants en énergie, nommer des gestionnaires de l'énergie, utiliser des parcs de véhicules propres et économes en énergie, etc. A noter enfin que l'ADEME a créé, à l'intention des municipalités, un guide intitulé *Plan énergie environnement*, destiné à les aider à élaborer des plans d'ensemble pour devenir des villes efficaces en énergie.

## **2.2. Interventions de l'AFD sur la programmation urbaine**

**Hervé Breton**, expert Développement urbain, AFD

L'AFD est susceptible d'intervenir, en Chine, dans les nombreux secteurs de la maîtrise énergétique, mais elle accorde une attention particulière au secteur urbain et à celui des transports. En effet, compte tenu de l'urbanisation accélérée du pays, ces deux secteurs vont représenter une part croissante dans sa consommation énergétique. Tout en finançant des projets sur le biogaz ou la mini-hydraulique, l'AFD a commencé à mener des bilans énergétiques sur des villes comme Chongqing ou Wuhan. En effet, elle ne souhaite pas se limiter au financement d'installations d'énergies renouvelables ou de technologies d'efficacité énergétique, mais également traiter le lien entre les formes du développement urbain et la consommation d'énergie au sens large. L'objectif est d'optimiser les dépenses énergétiques liées au fonctionnement de la ville.

En matière de programmation urbaine, il existe des modèles informatiques élaborés qui intègrent des paramètres d'aménagement en matière de transports et évaluent les effets des différents choix sur la consommation d'énergie. L'AFD s'intéresse au développement de ces outils, mais à l'heure actuelle il semble encore difficile de les utiliser

dans les démarches de planification urbaine en Chine. C'est pourquoi, depuis 2005, l'AFD privilégie la réalisation d'études d'évaluation environnementale stratégique (SEA - *Strategic Environmental Assessment*), en accordant une attention particulière aux aspects énergétiques des plans de développement des villes. A noter que les SEA s'appliquent à des programmes, de manière plus large que les études d'impact environnemental, qui concernent des projets. Le format des SEA est variable : ils peuvent aller d'un diagnostic léger d'une semaine à une étude systématique d'une année. La démarche peut rester générale lorsqu'il s'agit de définir les options d'un schéma directeur urbain. On peut alors s'inspirer des expériences menées dans d'autres pays en termes de grands principes d'aménagement, telles que l'implantation de villes satellites ou de villes nouvelles. Elle peut être détaillée et spécifique lorsqu'il s'agit d'élaborer un plan de transport.

L'utilisation des SEA sur des questions de maîtrise de l'énergie semble particulièrement intéressante en Chine, à la fois parce que la législation chinoise a explicitement prévu ce concept de SEA dans la loi sur les études d'impact environnemental amendée en 2003, et parce que le XI<sup>ème</sup> Plan met l'accent sur les impacts énergétiques du développement. L'application à la planification urbaine d'un SEA à forte composante énergétique permet de disposer de schémas directeurs urbains ou de plans de transports optimisant la consommation d'énergie globale, que celle-ci soit liée au volume des déplacements ou au choix des modes de transports. La mise en place des infrastructures préconisées par ces plans peut ensuite bénéficier de l'appui des bailleurs de fonds qui auront souscrit à leurs objectifs.

Pour réussir, une étude SEA doit être appropriée par le gouvernement municipal, qui doit en outre faire preuve d'une forte volonté politique pour l'appliquer. Cette démarche constitue un outil dynamique d'aide à la décision pour planifier et mettre en œuvre des programmes urbains. Elle s'intègre dans le processus de planification urbaine et de son actualisation. Autre condition de succès : le calendrier doit être adapté pour coïncider avec celui des plans d'urbanisme et permettre la prise en compte des recommandations issues du SEA. D'une façon générale, une bonne coordination est nécessaire entre les parties prenantes, qu'il s'agisse des bureaux du planning, de l'environnement, de l'énergie, de la construction ou de l'occupation des sols. Cette démarche présente l'intérêt de combiner les aspects énergétiques et environnementaux. Sa mise en œuvre cumule des économies d'énergie et des gains

environnementaux à la fois au plan local et au plan global. Enfin, il s'agit d'une démarche de long terme, qui à ce titre est porteuse de partenariats durables avec des bailleurs intéressés par cette approche.

### **2.3. Vingt ans d'efficacité énergétique à Montpellier**

**Michel Irigoien**, directeur de l'Énergie de la municipalité de Montpellier

#### ***Une préoccupation ancienne***

L'exemple de Montpellier illustre la façon dont une ville peut gérer son propre patrimoine en essayant de diminuer sa consommation énergétique. En 1983, le maire de Montpellier a nommé un élu délégué à la maîtrise de l'énergie afin de rendre visible, au sein de l'exécutif, l'intérêt de la municipalité pour ces questions. En 1985 a été créé un service « Énergie » doté d'un budget propre, en investissement comme en fonctionnement.

L'une des premières actions de ce service a été d'effectuer le suivi des dépenses. En 1986, personne ne savait combien coûtait la consommation d'énergie dans les bâtiments municipaux. A l'aide d'un simple tableau, nous nous sommes rendu compte que l'électricité représentait les deux tiers des dépenses des bâtiments et en avons conclu que la maîtrise de ce coût était un enjeu majeur. A partir de 1989, nous avons mis en œuvre les premières actions en ce sens. Aujourd'hui, nous effectuons un suivi systématique des factures pour identifier les marges de progrès possibles, repérer les dérapages et les corriger. Nos capacités d'action sont très variées : nous pouvons jouer sur l'optimisation des contrats d'achat d'électricité, sur l'achat de sources lumineuses performantes, etc.

Nous avons également constaté que les nouveaux bâtiments construits n'étaient pas toujours performants sur le plan énergétique, en dépit des réglementations thermiques existantes. On prend rarement la peine de calculer ce que coûtera l'utilisation d'un bâtiment pendant plusieurs décennies, alors que le coût initial est beaucoup plus faible que le coût cumulé de son exploitation. De même, il est rare que les acteurs qui interviennent au moment de la construction dialoguent avec ceux qui exploiteront les

bâtiments et paieront les factures. Or en matière d'énergie, ce dialogue est particulièrement crucial pour une plus grande efficacité énergétique. C'est pourquoi nous avons pris l'habitude de faire dialoguer ces différents acteurs. En 1995, nous avons élaboré le concept de bâtiments « basse énergie », à la fois confortables et peu coûteux en exploitation. L'objectif était de penser globalement le confort d'hiver et le confort d'été : comment faire en sorte que la lumière extérieure puisse pénétrer dans le bâtiment lorsqu'on en a besoin, en hiver notamment, et éviter qu'elle crée des surchauffes en demi-saison et en été ? Cette préoccupation est étrangère à la plupart des architectes, d'où la multiplication, en Chine comme en France, des climatiseurs anarchiques sur de nombreux bâtiments. Nous avons édité un guide intitulé *Bâtiments basse énergie* pour sensibiliser les acteurs à cette question. Plus récemment, nous avons pris un nouveau tournant. Au lieu de nous contenter de travailler sur la « peau » des bâtiments dans un but d'économie d'énergie, qu'il s'agisse de l'isolation, des vitrages, de la toiture, pourquoi ne pas concevoir des bâtiments qui seraient eux-mêmes producteurs d'une partie de l'énergie qu'ils consomment ? En 2004, nous avons lancé le projet d'un nouvel hôtel de ville, avec l'objectif que 20 % de ses besoins d'électricité soient couverts par des cellules photovoltaïques situées sur le bâtiment.

### **La direction Energie moyens techniques**

La direction Energie moyens techniques traite des questions liées à l'énergie mais aussi aux télécommunications, au parc automobile ou encore à l'information géofigure. La notion de maîtrise des énergies ne se limite pas aux bâtiments mais concerne l'ensemble des fluides, et plus généralement toutes les dépenses de fonctionnement. La présence du terme « énergie » dans l'organigramme de la ville donne un point de référence aux acteurs de la collectivité et à leurs partenaires extérieurs. Il est très important que les maîtres d'œuvres, les bureaux d'études, les architectes sachent que l'énergie est une réelle préoccupation de la ville et qu'ils trouveront des interlocuteurs pour écouter leurs propositions.

Notre mission est de réaliser des analyses de coût global qui vont de la conception des bâtiments et de l'exploitation des installations jusqu'à la gestion des dépenses et au suivi sur les choix technologiques. En faisant toujours mieux, à moindre coût sur le plan énergétique, la Ville réduit ses dépenses de fonctionnement, ce qui lui permet d'investir davantage. Le rôle d'*Energy Manager* comprend aussi énormément de

communication. Si l'on ne réussit pas à faire remonter l'information vers les décideurs, il sera difficile de continuer à les mobiliser.

### **Les résultats**

La masse financière des dépenses d'énergie dans une collectivité locale justifie qu'on s'en préoccupe. Tous les cinq ans, une enquête est réalisée par l'ADEME pour mesurer l'évolution du coût énergétique par an et par habitant pour les municipalités. En France, ce coût est en moyenne de 31 euros, dont 20 euros pour les bâtiments, 7 euros pour l'éclairage et 4 euros pour les carburants. A Montpellier, lors de l'enquête de 2000, il n'était que de 17,8 euros par habitant (ratio corrigé en le ramenant à un climat moyen en France). Grâce aux actions que nous avons menées, la puissance électrique souscrite par la ville a diminué de 12 % entre 1987 et 2004 et la consommation annuelle de 19 %. A noter que dans le même temps, notre patrimoine immobilier s'est pourtant accru de 8 %.

La projection de la courbe des dépenses d'électricité de la municipalité telle qu'elle se présentait en 1985 permet d'évaluer à 32 millions d'euros (valeur en 2005) les économies cumulées que nous avons réalisées depuis cette époque. Tous les coûts de structure de la direction Energie, y compris les salaires, ainsi que les coûts des travaux spécifiques d'économie d'énergie ont été déduits dans le calcul de ce résultat. Ces chiffres ne sont pas très parlants pour la plupart des gens et l'inauguration d'un nouveau modèle de chaufferie est moins médiatique que celle d'une école ou d'une crèche. C'est pourquoi nous avons cherché à traduire ces économies de fonctionnement en capacité d'investissement : 32 millions d'euros correspondent au coût d'investissement de six écoles, de cinq crèches et de cinq gymnases. On voit tout le bénéfice qu'une municipalité peut tirer d'une politique de maîtrise de l'énergie.

### **Les trois leviers**

L'expérience de Montpellier correspond bien aux trois leviers cités en introduction (efficacité énergétique, sobriété et énergies renouvelables), dont l'association permet de produire des *négawatts*, c'est-à-dire des watts non consommés : l'énergie la moins chère reste en effet celle que l'on ne consomme pas. Un degré de plus dans la

température intérieure des bâtiments entraîne 10 % de consommation supplémentaire à Montpellier.

Actuellement, l'humanité consomme une énergie fossile que la planète a mis un million d'années à stocker dans le sous-sol. Le rapport de temps est tellement colossal qu'il nous impose de trouver d'autres sources d'énergie. Cela dit, il ne serait pas rationnel d'exploiter de nouvelles énergies pour chauffer un bâtiment qui serait une « passoire » thermique. Il faut donc travailler en premier lieu sur l'efficacité énergétique.

L'essentiel, pour activer ces différents leviers, reste la volonté politique de les mettre en œuvre. C'est pourquoi chacun d'entre nous doit s'efforcer de faire passer le message auprès des autorités locales de son territoire.

## 3.1. Efficacité énergétique et réhabilitation thermique dans les bâtiments

**Michel Raoust**, expert énergétique du Fonds français d'environnement mondial (FFEM)

Le secteur du bâtiment est le secteur le plus consommateur d'énergie en France, avec 43 % de consommation de l'énergie finale et 17 % des émissions de gaz à effet de serre. En Chine, ce secteur ne représente encore que 30 % de la consommation totale, du fait du poids beaucoup plus important du secteur industriel. La part du bâtiment devrait considérablement augmenter en Chine dans les prochaines années. En France, malgré tous les efforts qui ont déjà été consentis en termes d'économie d'énergie, la consommation et les émissions de gaz à effet de serre augmentent constamment depuis les années 90.

Trois raisons expliquent ce phénomène en France comme en Chine : la faible performance des bâtiments existants, surtout ceux qui ont été construits avant les premières réglementations thermiques (en France, il s'agit du parc immobilier antérieur à 1975 ; en Chine, du parc antérieur à 1985) ; l'augmentation du nombre de mètres carrés chauffés par habitant ; la demande accrue de confort liée à l'augmentation du pouvoir d'achat, demande qui porte aussi bien sur l'eau chaude sanitaire que sur tous les équipements consommant de l'électricité.

**Les objectifs de progrès**

Les pouvoirs publics se sont fixé un objectif très ambitieux : diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050. Prenons l'exemple d'un appartement neuf en région parisienne : tous usages de l'énergie confondus, il consomme aujourd'hui environ 240 kWh / m<sup>2</sup>. Les pouvoirs publics veulent que d'ici 2050 cette consommation descende à 60 kWh / m<sup>2</sup>, ce qui constitue une réduction considérable. A titre de comparaison, à Pékin, qui connaît un climat comparable à celui de Paris, la consommation actuelle pour un appartement de même type est d'environ 330 kWh / m<sup>2</sup>. A noter, pour expliquer cette différence, que les normes d'isolation, par exemple, sont très différentes : en France, l'isolant doit avoir 10 centimètres d'épaisseur ; en Chine, seulement 5 centimètres suffisent. Il existe donc des marges importantes de progrès.

Graphique 6.  
**Evolution des consommations d'un logement en région parisienne, en kWh/m<sup>2</sup>**

Nature	RT 2000	HQE® (bâtiment vert 2005)	Objectifs 2050
Chauffage	130	80	30
Eau chaude sanitaire	50	35	10
Électricité	60	50	20
Total	240	165	60

↑ Pékin, logement non isolé : 480 kWh/m<sup>2</sup>  
 Pékin, logement isolé : 330 kWh/m<sup>2</sup>

**Les mesures adoptées**

En France, plusieurs mesures ont été prévues. La réglementation thermique s'appliquant aux constructions neuves va évoluer régulièrement, tous les cinq ans, afin d'introduire des contraintes de plus en plus exigeantes. D'ici 2020, les logements ou constructions tertiaires neufs devraient déjà consommer 40 % d'énergie de moins qu'actuellement. Deuxième type d'action : des obligations de performance énergétique vont être introduites dans les grosses opérations de réhabilitation de bâtiments existants, fixant des rendements minimaux pour les principaux équipements qui

consomment de l'énergie. Nous disposons également de labels destinés à encourager les constructeurs d'immeubles neufs à aller au-delà de ce que demande la réglementation. Le label « Haute performance énergétique » s'applique lorsque la performance est supérieure de 10 % par rapport à ce qu'exige la réglementation, et le label « Très haute performance énergétique » lorsque la différence est supérieure à 15 %. Une autre mesure va être introduite en France et en Europe en 2006 ; elle concerne l'étiquetage énergétique des voitures et des logements, qui fait suite à l'étiquetage des appareils électroménagers déjà en vigueur dans toute l'Europe. L'étiquetage sera obligatoire pour chaque mise en vente ou en location d'un logement et correspondra non à la consommation réelle mais à la consommation théorique du logement en question. Ceci va nécessiter l'élaboration de méthodes de calculs accessibles à des non spécialistes.

### ***Le programme du FFEM en Chine***

Entre 1999 et 2004, le FFEM, en partenariat avec l'ADEME, a piloté un premier programme d'économie d'énergie dans les logements qui s'est traduit par la construction de 820 000 m<sup>2</sup> de logements économes en énergie dans les villes de Harbin, Pékin et Shanghai. Grâce à une isolation extérieure, 50 % d'économie d'énergie pour le chauffage ont été réalisés pour un coût inférieur à 6 % du coût de construction. Un deuxième programme s'étend sur la période 2004 à 2007 et porte sur la conception de quartiers répondant à une logique de développement durable à Pékin et Shanghai, la réhabilitation thermique de logements existants à Heihe et à Herbin, et enfin un programme de construction de maisons rurales économes en énergie. L'objectif est de réaliser 65 % d'économies d'énergie pour le chauffage et la climatisation.

49

### ***Les mesures concrètes applicables en Chine***

La première mesure consiste à faire évoluer la réglementation sur les bâtiments neufs.

Une deuxième mesure indispensable est d'encourager la mise sur le marché de produits industriels performants tels que : isolants, vitrages à isolation renforcée, fermetures et stores, ventilation mécanique performante, régulation automatique, climatisation à coefficient de performance (COP) élevé, chaudières à cogénération, équipements électroménagers performants, équipements faisant appel aux énergies

renouvelables. Pour cela, il est indispensable de créer des outils fiables de certification de la qualité. En l'absence de ce type de dispositifs, les industriels fabriquant des produits de qualité sont désavantagés par rapport à ceux qui n'offrent que des produits de mauvaise qualité. Les consommateurs ont tendance à choisir le produit le moins cher s'ils n'ont pas une preuve solide que le produit le plus cher est de meilleure qualité. Actuellement, la certification se met en place, en Chine, avec l'appui de la Banque mondiale et des aides de divers pays.

Une autre mesure indispensable concerne la tarification de la chaleur dans les zones nord de la Chine : celle-ci repose souvent sur le principe du forfait, ce qui constitue un frein important aux économies d'énergie, car les ménages ne sont pas du tout incités à réguler leur chauffage.

Les aides publiques peuvent prendre la forme de subventions, de réduction d'impôts et taxes, de prêts bonifiés.

Enfin, le gouvernement peut organiser de vastes campagnes de réhabilitation de logements existants. La réhabilitation de l'ancien offre plusieurs avantages. Non seulement elle contribue à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à améliorer la qualité de l'air dans les villes, car l'énergie est en général produite par des chaufferies qui fonctionnent au charbon et polluent l'atmosphère, mais elle améliore l'image de la ville par la remise en état des façades et des parties communes. La réhabilitation des logements existants permet également de prolonger la durée de vie des bâtiments, d'accroître la valeur du patrimoine et ainsi de lutter contre la spéculation immobilière en encourageant les habitants à conserver leur logement. Elle améliore les conditions de vie des habitants grâce à un meilleur confort tout en réduisant leur facture énergétique. Elle crée des emplois dans un nouveau secteur d'activité et enfin elle est susceptible d'attirer les bailleurs de fonds internationaux pour des opérations exemplaires. En effet, la difficulté inhérente à ce secteur et notamment à la réhabilitation de bâtiments existants, est que contrairement à d'autres secteurs comme l'industrie, on se trouve face à une multitude d'acteurs différents : promoteurs, entreprises du bâtiment, ménages, etc. De plus, ces opérations ne sont pas très coûteuses unitairement, de sorte qu'un groupage des projets est nécessaire si l'on veut monter des opérations de taille suffisante pour attirer des bailleurs de fonds internationaux.

## 3.2. Equipements et formations sur l'efficacité énergétique dans l'habitat en Chine

**Thierry Devillier**, directeur du Centre de formation franco-chinois aux métiers de l'énergie

### ***Informers les officiels***

Pour promouvoir l'efficacité énergétique, il est nécessaire de former et d'informer les différents acteurs à tous les niveaux de la société. Un colloque comme celui-ci permet de faire part aux officiels des expériences menées dans d'autres pays et d'étudier comment les adapter à la situation chinoise.

Il n'y a pas de solution unique : les solutions peuvent varier selon la forme des bâtiments, le type d'implantation sur le terrain, le taux d'occupation des sols, la source d'énergie, ou encore le mode de chauffage (individuel, petit collectif, ou grand collectif). En revanche, certaines solutions s'imposent dans tous les cas : l'isolation des parois opaques donnant sur l'extérieur et sur des locaux non chauffés, qui en Chine peuvent représenter un volume important ; l'installation de fenêtres et vitrages de bonne qualité ; la pose d'une ventilation adaptée pour assurer une bonne hygiène tout en contrôlant les flux d'air traversant le local. Contrairement à une idée reçue en Chine, toutes les formes d'isolation (par l'intérieur, par l'extérieur, répartie...) servent à la fois à protéger du froid en hiver et du chaud en été : il n'existe pas de forme d'isolation spécifique pour le froid ou pour le chaud. Les décideurs doivent être incités à réfléchir conjointement au coût d'investissement et au coût d'exploitation, vérifier que les constructions sont conformes aux réglementations en vigueur et les faire modifier dans le cas contraire. Actuellement, en Chine, les organismes de contrôle vérifient seulement si les installations sont conformes à ce qu'a demandé le bureau d'études, mais pas si elles respectent la législation, et il n'existe aucune possibilité de les faire modifier dans le cas contraire. Il y a là un nouveau métier à créer, en développant les formations correspondantes.

### ***Informers les promoteurs***

Dans plusieurs opérations immobilières à Pékin, les promoteurs ont pu mettre en avant le caractère peu énergivore des immeubles construits pour les vendre à des prix plus élevés.

Convaincre les promoteurs que l'intérêt commun est compatible avec leur intérêt particulier est d'autant plus important qu'ils ont les moyens de faire pression sur les bureaux d'étude pour que ceux-ci leur proposent des systèmes, des matériaux et des matériels performants.

#### **Former les bureaux d'études**

Dès le début d'un projet, les bureaux d'étude doivent se fixer l'objectif de concevoir des bâtiments économes en énergie, aussi bien sur le plan de leur forme que de leur isolation ou de la ventilation, mais aussi sur le plan de l'installation thermique en chaud et en froid.

Les installations thermiques régulées automatiquement sont encore rares en Chine. En Europe, on considère que dans le cas d'un chauffage individuel, l'installation d'un thermostat d'ambiance permet d'économiser 13 % d'énergie et celle d'un thermostat programmable 19 %, et l'investissement est très faible. Dans le cas d'un chauffage collectif, la régulation en fonction de la température extérieure, avec des réseaux différents pour les façades nord et sud permet d'économiser de 7 à 15 % d'énergie ; si on y ajoute des robinets thermostatiques, l'économie peut atteindre 5 % de plus. Pour assurer la même température « de confort » à tous les appartements d'un immeuble, on doit prévoir dès la conception de l'installation des équilibrages en pied de colonne et sur chaque radiateur. On peut alors économiser de 10 à 15 % d'énergie. Si on y ajoute des dispositifs de chauffage intermittent, adaptés aux immeubles de bureaux, les économies peuvent atteindre jusqu'à 25 %.

Les bureaux d'étude doivent concevoir des installations permettant à chaque utilisateur de régler son chauffage et de mesurer sa consommation. En France, l'installation de compteurs individuels a entraîné des baisses de consommation jusqu'à 20 %. Le choix de matériels performants est également crucial. Avec des chaudières traditionnelles à gaz, les rendements sont de 92 % ; avec des chaudières gaz à haut rendement, de 92 à 94 % ; avec les chaudières gaz à condensation, ils atteignent de 95 à 104 %, grâce à la récupération de la chaleur contenue dans la vapeur d'eau produite par la combustion.

### **Former les entreprises**

Il est important aussi de former les entreprises de maintenance et les bureaux de gestion afin qu'ils sachent pratiquer une maintenance préventive en équilibrant les installations, en réglant les brûleurs, en réparant toutes les fuites d'eau. Celles-ci obligent à réintroduire de l'eau dans les installations, ce qui provoque corrosion et entartrage et diminue la durée de vie des matériels. L'entretien consiste aussi à renouveler les matériels trop anciens : lorsqu'on remplace un brûleur de plus de 10 ans, on économise 9 % d'énergie ; lorsqu'on remplace une chaudière de plus de 15 ans, l'économie est de 7 % ; si on cumule les deux, elle peut atteindre 16 %. Le temps de retour sur investissement est alors très rapide.

### **Former les professeurs et les jeunes**

Dernier maillon de la chaîne : la formation des professeurs, des étudiants et des élèves. Cette formation doit commencer dès le plus jeune âge, en apprenant aux enfants qu'en sortant d'une pièce on doit éteindre la lumière et fermer les fenêtres, et se poursuivre tout au long des études. Il faut également former les professeurs afin qu'ils connaissent et enseignent tous les moyens d'économiser l'énergie et puissent préparer les futurs spécialistes de demain.

### **Le Centre de formation franco-chinois aux métiers de l'énergie (CFFCME)**

Le CFFCME, qui existe depuis six ans, est le résultat d'une coopération entre un lycée français et l'institut de génie civil et d'architecture de Pékin. Nous avons déjà organisé des formations et des conférences sur tous les sujets évoqués à Pékin, Shanghai, Xian et Chengdu, auprès d'officiels, de techniciens, ou d'étudiants, en partenariat avec des entreprises du secteur. Nous organisons aussi des cours théoriques et pratiques dans nos locaux, sur des installations équipées de matériels réels et en fonctionnement, à destination d'adultes travaillant déjà en entreprise ou de jeunes en formation initiale. Enfin, nous avons rédigé plusieurs manuels techniques présentant les nouvelles technologies qui permettent d'économiser l'énergie. Nous sommes ouverts à toute nouvelle initiative qui permettrait d'éduquer différents publics aux économies d'eau ou d'énergie et au développement des énergies propres.

#### 3.3. Solutions de pompes à chaleur et de stockage d'énergie

**Chen Jianping**, directeur général de CIAT Chine

Les chocs pétroliers ont poussé les acteurs privés comme les acteurs publics à rechercher une utilisation de plus en plus efficace de l'énergie. Le groupe CIAT, qui est actuellement le plus grand fabricant de pompes à chaleur d'Europe, s'est mobilisé également sur cette question et a trouvé des solutions de stockage de l'énergie grâce à l'eau produite par l'air conditionné et à la glace. Pour le centre de convention de Hong Kong, par exemple, qui est utilisé seulement quelques jours dans l'année, nous avons utilisé la solution du stockage de l'énergie par la glace, en exploitant l'écart de tarification de l'électricité entre le jour et la nuit, et l'investissement a été amorti en trois ans à peine. Nous avons recouru à l'énergie géothermique pour assurer une partie du chauffage des Twin Towers à Kuala Lumpur, en utilisant la ressource gratuite et non polluante de l'eau chaude souterraine.

L'utilisation de ces deux nouvelles technologies a permis de réaliser avec succès de nombreux projets, mais une difficulté vient de ce que seuls les gouvernements encouragent réellement l'utilisation des nouvelles technologies ; les acteurs économiques hésitent ou même sont réticents à s'engager dans cette voie. De plus, réaliser des investissements massifs dans ce domaine supposerait une bonne coordination entre eux, ce qui n'est pas encore le cas. Les instituts de recherche et d'innovation ne sont pas suffisamment mobilisés, et par ailleurs, l'application des politiques définies par le gouvernement rencontre des problèmes sur le terrain. Enfin, la philosophie des entreprises européennes et celle des entreprises chinoises n'est pas la même. Comment mieux nous comprendre ? Une conférence telle que celle-ci y contribue, en favorisant les échanges entre nous.

## **4.1. Efficacité énergétique et transport urbain**

**Mohamed Mezghani**, Union internationale des transports publics (UITP)

L'étude *Mobility in cities data base*, que l'UITP vient de publier avec le soutien de l'ADEME, a été menée dans une cinquantaine de villes, notamment européennes, pour mesurer l'évolution de la mobilité, ou encore l'effet de l'utilisation des transports publics sur la consommation d'énergie ou sur la pollution. Elle ouvre des perspectives sur les projets d'investissement que les villes peuvent réaliser pour atteindre une meilleure efficacité énergétique.

55

### ***Les données de la mobilité urbaine***

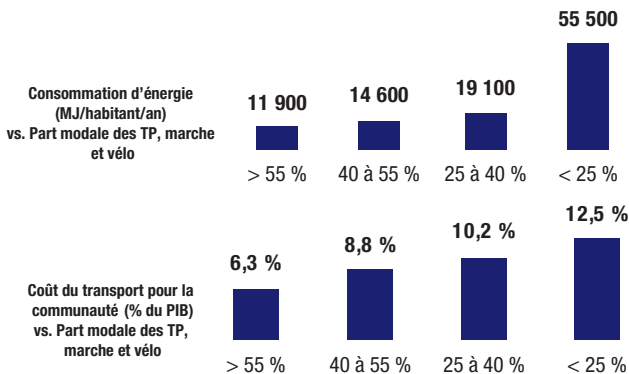
La quasi totalité des grandes agglomérations présentent les mêmes grandes tendances. La première est une urbanisation croissante mais à la périphérie des villes. Cet étalement urbain se traduit par une moindre densité de population et d'emplois, et en conséquence par une plus grande consommation d'énergie pour répondre aux besoins de déplacements. La seconde est l'augmentation rapide de la motorisation des ménages, liée à la progression du niveau de vie, notamment dans les pays à forte

croissance économique comme la Chine. La troisième est la congestion accrue du trafic, qui est la conséquence de l'augmentation de la motorisation. La quatrième tendance est liée à l'évolution et à la diversification des styles de vie : aux déplacements domicile / travail s'ajoutent de nombreux déplacements le week-end ou de nuit. Les embouteillages ne se limitent plus aux heures de pointe, car les transports publics n'arrivent pas toujours à s'adapter à ces changements. Ces évolutions se traduisent par une forte croissance de la demande énergétique, faisant du transport le secteur dont la demande croît le plus vite dans un certain nombre de villes et de pays. Les déplacements urbains y tiennent une place essentielle.

**Les réponses à ces évolutions**

Au rebours de l'étalement urbain, il faut favoriser des formes de villes compactes. Il faut également accompagner, voire anticiper l'extension urbaine par le développement de transports moins énergivores, plutôt que d'attendre que de nouvelles villes ou de nouveaux quartiers se développent pour envisager des solutions de mobilité. Une autre réponse consiste à favoriser le transfert modal : plus la part des transports publics, de la marche et du vélo sera élevée, plus la consommation globale de la ville sera faible. Les villes qui ont donné une place importante aux transports publics réalisent des économies de 500 à 600 litres de pétrole par habitant et par an, par rapport à des villes qui ont plutôt favorisé le transport automobile.

Graphique 7.  
Coût du transport et consommation d'énergie



Ces économies valent sur le plan écologique mais aussi sur le plan économique. Quand on agrège les différents coûts liés aux déplacements des citoyens, aussi bien le coût des infrastructures, le coût d'exploitation des transports publics que le coût du ticket de transport pour l'utilisateur, et qu'on évalue ce qu'ils représentent par rapport au PIB, on observe toujours la même tendance : plus la part modale est élevée, plus le coût diminue. Entre les deux villes extrêmes de l'échantillon, dont l'une a favorisé au maximum les modes doux, l'autre a favorisé l'automobile ou n'a rien fait pour restreindre son usage, on trouve une différence de 2 000 euros par an et par habitant.

### ***Des villes qui ont réussi à améliorer la mobilité et l'efficacité énergétique***

Au milieu des années 1980, Madrid a décidé de mettre en place une politique intégrée des transports grâce à la création d'une autorité organisatrice qui gère les transports publics. Non seulement Madrid mais les 160 agglomérations de sa région participent à ce dispositif, qui a permis de définir un système de transport comprenant une intégration physique des réseaux, mais aussi une intégration tarifaire et une intégration de l'information des passagers. Le réseau de métro a été étendu d'environ 10 kilomètres par an et a ainsi doublé en dix ans : il est passé de 110 à 220 kilomètres. Le réseau de surface a été réorganisé par la construction de couloirs réservés aux autobus, ce qui a entraîné une progression de la fréquentation des transports publics de l'ordre de 60 % entre 1986 et 2003.

Paris a commencé à partir de 2001 à développer une politique de transport visant à réduire la place de la voiture, par exemple en généralisant le stationnement payant, et à améliorer le réseau de transports collectifs, notamment de surface, en créant des sites propres pour les bus, les taxis et les vélos, et en renforçant l'offre de transport public en dehors du centre de la ville. Le résultat a été une diminution de l'usage de la voiture de 13 % entre 2001 et 2005, et une fréquentation des transports publics en hausse.

Londres a instauré en 2003 un système de péage urbain : toute voiture pénétrant dans le centre ville entre 7 h 00 et 18 h 30 se voit imposer une taxe de 12 euros. Les revenus générés par ce péage urbain ont permis de développer les transports publics, d'améliorer les conditions de circulation et les infrastructures pour les deux roues. Le résultat a été une diminution du nombre de véhicules de 18 % ; 80 % des automobilistes

qui ont abandonné leur véhicule utilisent maintenant des taxis ou les transports en commun. La fréquentation des autobus a augmenté de 40 % entre 2000 et 2006. Le nombre d'accidents de circulation a diminué de 18 %, les émissions de CO<sub>2</sub> de 19 % et la consommation de carburant de 20 %. Ce système de péage urbain est actuellement en cours d'expérimentation à Stockholm et sa mise en œuvre est envisagée à New York.

Bogota a créé un réseau de BRT (*Bus Rapid Transit*), c'est-à-dire un système de bus en site propre exclusif, avec une hiérarchisation des lignes de bus : le couloir comprend deux voies, l'une réservée aux omnibus et l'autre aux bus express. Pour y accéder, les usagers empruntent un tourniquet semblable à ceux des métros, afin d'accélérer l'embarquement des voyageurs. Enfin, la capacité des bus a été renforcée en recourant à des véhicules articulés. Au total, la capacité atteint en moyenne 50 000 voyageurs par heure et par direction, ce qui est comparable à la capacité du RER A (Réseau express régional) à Paris. Le résultat est une réduction de 32 % de la durée des trajets, de 40 % des émissions polluantes, de 93 % des accidents.

Dublin a créé 100 kilomètres de couloirs de bus, de sorte que la vitesse des bus est désormais de 30 à 50 % supérieure à celle des voitures, ce qui a incité beaucoup d'automobilistes à changer de mode de transport. La fréquentation des bus a augmenté de 30 % et 65 % des nouveaux clients utilisaient auparavant l'automobile.

Helsinki a choisi d'intégrer l'urbanisme et la mobilité : dans certains nouveaux quartiers, le métro est aménagé avant la construction des immeubles, de sorte que les ouvriers du bâtiment peuvent se rendre sur place en transports en commun.

### **Conclusion**

Il est techniquement possible de lancer des actions visant à maîtriser la demande énergétique liée aux déplacements en milieu urbain, mais c'est souvent la volonté politique qui fait défaut, notamment dans un grand nombre de villes européennes. La priorité est donc de convaincre les décideurs politiques.

Compte tenu de l'évolution rapide de la motorisation dans les villes chinoises, il est particulièrement urgent d'agir si l'on ne veut pas qu'elles connaissent la situation de

Moscou, devenu un parking géant : la congestion est telle que la ville est en train d'envisager la création d'un réseau de déplacement par hélicoptère... Pour éviter ces extrémités, le recours principal est le développement des réseaux de transports en commun. Or, alors que la Chine compte 450 villes de plus de 250 000 habitants et 200 villes de plus d'un million d'habitants, seulement quatre ou cinq réseaux de métro sont en construction. De nombreuses opportunités d'investissement s'offrent donc, que ce soit pour le développement de transports en sites propres, le renouvellement des flottes de bus, l'amélioration des systèmes d'exploitation, la billettique, etc.

L'expérience montre toutefois que les projets ne doivent pas se limiter aux aspects technologiques. Il ne suffit pas d'augmenter la capacité de transport ou de moderniser les systèmes existants : il faut définir une approche intégrée, comprenant une réflexion d'urbanisme sur le long terme et mettre en place des mesures d'accompagnement du type politique de stationnement. De même, l'amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules ne suffira pas si l'on n'entreprend pas en même temps des actions favorisant le transfert vers d'autres modes de transport moins énergivores. Pour reprendre les trois axes évoqués par Christian de Gromard, à savoir l'efficacité énergétique, le développement des énergies renouvelables et la gestion de la demande, c'est ici le troisième qu'il faut privilégier pour que les résultats soient durables.

## 4.2. Stationnement et modération des émissions du transport urbain

59

Jean Delcroix, SARECO

### ***Un aspirateur à voitures***

Le stationnement des voitures particulières est considéré, en France, comme un des curseurs permettant de maîtriser l'efficacité énergétique des transports urbains. La préférence pour le transport automobile est un phénomène marquant dans les sociétés qui accèdent à un pouvoir d'achat supérieur. L'analyse des raisons pour lesquelles les individus choisissent ce mode de transport donne la progression suivante : « *Le transport individuel me permet d'aller d'un lieu à un autre au moment où je le souhaite. Par rapport à la marche à pied, le vélo me permet d'aller plus loin. Avec une*

*moto, je peux emmener un passager. Avec une auto, je bénéficie en plus d'un univers protégé, qui est comme le prolongement de mon logement ».*

Au fur et à mesure de cette évolution apparaît un effet mémoire : il est très difficile de convaincre les gens de renoncer à leur véhicule une fois qu'ils ont pris l'habitude de s'en servir. La préférence pour l'automobile ne peut cependant s'exprimer que lorsque deux conditions sont réunies : pouvoir circuler, ce qui suppose une offre suffisante en routes, voies express, etc. ; pouvoir stationner, ce qui suppose l'existence d'espaces de stationnement sur le lieu d'arrivée. La deuxième condition est plus méconnue que la première mais offre des leviers d'action importants aux aménageurs des villes.

### **La place du stationnement des véhicules particuliers dans la ville**

Chaque création de place de parking sur un lieu de travail permet à un salarié supplémentaire d'utiliser son véhicule pour le trajet depuis son domicile et se traduit par deux déplacements quotidiens de 5 kilomètres en moyenne, ce qui provoque l'émission d'une tonne de CO<sub>2</sub> par an. La création de places de parking entraîne également des effets indirects comme la sous-densification de la ville. Accepter qu'à chaque logement soit associé un véhicule revient à allouer aux voitures un espace équivalant à une pièce supplémentaire pour chaque logement. Chaque logement mobilise ainsi 25 % de surface de plancher supplémentaire dans la ville. Si par ailleurs on accepte que 50 % des trajets domicile-travail soient effectués en voitures particulières (ce qui serait ambitieux car, actuellement, dans les pays développés, la voiture est utilisée pour 60 à 70 % de ces trajets), on doit ajouter 30 % de surface de plancher supplémentaire.

Un dirigeant d'entreprise déclarait « *Quand j'embauche un ingénieur, je dois aussi embaucher sa voiture* », c'est-à-dire lui réserver un espace de stationnement. De tels principes provoquent une surconsommation de l'espace urbain. La ville se dilate, les distances augmentent, l'efficacité des transports en commun diminue, l'usage de la voiture apparaît de plus en plus nécessaire. Les flux de pointe provoquent des embouteillages ; des infrastructures sont construites pour y remédier, et des rues qu'on pouvait traverser à pied deviennent des voies express ou à haut débit dont la traversée oblige à des contournements. Les piétons sont ainsi incités à adopter des

modes de transport mécanisés à la place des modes doux. On voit bien comment ce cercle vicieux peut s'initier, de façon inattendue, à partir de la question du stationnement, qui contribue à la dilatation de la ville. Or, comme l'indiquait Mohamed Mezghani, si l'on veut réduire la consommation d'énergie, il est indispensable de créer des villes compactes.

### ***La révision radicale de la place de la voiture dans la ville***

Face à ce cercle vicieux, il faut réagir de façon radicale. En Europe, avant les années 80, on cherchait à adapter la ville à la voiture. Aujourd'hui, on cherche au contraire tous les moyens de réduire la place de la voiture dans les villes, et parmi ces moyens, la maîtrise du stationnement est un levier important. Prenons l'exemple d'une ville de deux millions d'habitants et imaginons que sa population atteigne en 17 ans six millions d'habitants. Du fait de cet accroissement, les distances et les mobilités vont augmenter, de sorte que le volume de déplacements en kilomètres va être multiplié par six. Si la ville prend des mesures pour limiter le stationnement, la part des déplacements effectués en voiture particulière restera relativement restreinte ; l'économie en termes d'émission de CO<sub>2</sub> par rapport à la situation où la ville n'adopterait aucune mesure particulière peut s'évaluer à 10 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an.

Pour restreindre l'offre de stationnement, on peut adopter des normes d'urbanisme, réduire les places risquant d'être inutilisées, limiter la création d'espaces publics accessibles aux véhicules particuliers et la création de parcs relais. On peut également jouer sur une meilleure organisation du service : favoriser les garages commerciaux comme régulateurs, ou encore réglementer l'usage des places pour les livraisons, pour les personnes à mobilité réduite, les services de santé, les déménagements, les professionnels, etc., en se dotant des technologies correspondantes.

### ***Une politique de stationnement bien ciselée***

Pour conserver la qualité de vie urbaine, il faut assurer la desserte des immeubles de façon équilibrée. Dans les quartiers nouveaux, la plus grande part possible des ressources « parking » doit être sous maîtrise publique. Des transports en commun doivent être créés en même temps que les quartiers nouveaux. Le réseau viaire doit être limité aux seuls besoins de sécurité et aux services aux immeubles. Les réseaux de

transports en commun doivent être interfacés entre eux et avec les modes doux. En France, nous disposons, pour les quartiers nouveaux de plus de 10 hectares, d'une procédure particulière d'aménagement permettant de planifier le stationnement, ce qui peut permettre de réduire le coût d'aménagement de l'ordre de 20 %. Dans la ville existante, il faut agir sur les espaces publics, soit par des péages, soit par des contrôles ; répondre de façon spécifique aux besoins de chaque catégorie d'usager (résidents, migrants, visiteurs) ; assurer à la fois leur bien-être et l'efficacité économique.

### ***Perspectives pour la Chine***

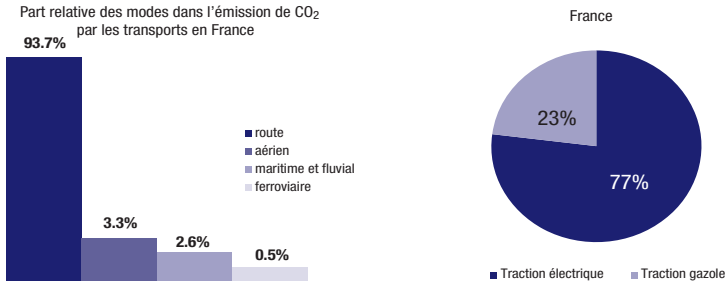
Ce qui vient d'être décrit sur le développement d'une ville va se reproduire des dizaines de fois en Chine dans les prochaines années. Les opportunités d'action environnementale sont donc considérables. Plusieurs pistes s'offrent : sensibiliser le public et les pouvoirs publics ; créer un système de formations initiales ou continues sur l'impact énergétique du stationnement urbain, que les DRC ou la NDRC pourraient labelliser ; prévoir des interventions méthodologiques auprès des organismes gouvernementaux qui effectuent la planification urbaine et la planification des transports dans les provinces. Tels sont les champs sur lesquels une coopération fructueuse pourrait s'instaurer à la suite de notre séminaire.

### **4.3. L'efficacité énergétique dans les chemins de fer**

**Jean-Marie Gerbeaux**, directeur du développement durable, SNCF

Le secteur des transports dans son ensemble constitue un enjeu extrêmement important dans la lutte contre le dérèglement climatique. Même si le transport ferroviaire est l'un des plus économes en énergie, son niveau de consommation représente des montants financiers considérables. Dans ce domaine comme ailleurs, nous devons accroître nos performances énergétiques, pour des raisons à la fois de protection de l'environnement et de bonne gestion. En France, la part relative des modes de transports en émission de CO<sub>2</sub> est de 93,7 % pour la route, 3,3 % pour l'aérien, 2,6 % pour le maritime et le fluvial, et 0,5 % pour le ferroviaire. Cette proportion très faible s'explique par la part importante de la traction électrique (77 %, pour une grande part d'origine nucléaire) par rapport à la traction au gazole (23 %).

Graphique 8.  
Part relative des modes dans l'émission de CO<sub>2</sub> par les transports en France



### La hausse du prix de l'énergie

La facture d'électricité de la SNCF (560 millions d'euros en 2005) a quasiment triplé en trois ans. Nous prévoyons que les prix vont continuer à croître et il est donc très important pour nous de mettre en place des programmes d'économie. Compte tenu de la hausse prévue des prix du gazole, et à terme de sa raréfaction, la SNCF, en accord avec les pouvoirs publics français, travaille à un plan selon lequel, dans vingt ans, nous devrions fonctionner entièrement sans pétrole. Nous étudions en particulier la possibilité d'utiliser massivement des bio-carburants.

### Améliorer la conduite des trains et la mesure des performances

Nous formons nos conducteurs à une conduite économique : ne pas accélérer ou freiner brutalement, éviter de s'arrêter et de redémarrer, etc. Sur les trois dernières années, grâce à cette sensibilisation, nous avons économisé 7 % d'énergie par an. Nous réfléchissons également à une modification des schémas de circulation des trains. Nous avons l'habitude de prévoir des tracés de circulation très précis et rigoureux, indiquant au conducteur qu'il devait rouler à telle vitesse à tel endroit, à telle autre vitesse trois kilomètres plus loin, etc. Si nous acceptons une marche des trains plus détendue, sans toutefois prendre de risque du point de vue de la sécurité et sans compromettre la régularité des trains, nous pourrions suggérer aux conducteurs d'adopter cette conduite « coulée » qui est source d'économie. La ligne de TGV Paris-Lyon, par exemple, est composée de parcours plats mais aussi de beaucoup de parcours accidentés, dans la région du Morvan. Un conducteur de TGV bien formé peut rouler « sur l'erre »,

c'est-à-dire en roue libre, pendant 20 % du temps. Avant d'arriver en haut d'une côte, alors qu'il roule à 280 ou 290 km/h, il coupe l'alimentation, le train ralentit un peu, puis repart presque aussitôt grâce à son propre poids, et remonte à 300 km/h. On peut ainsi obtenir des résultats spectaculaires. Comment motiver les conducteurs à faire ces efforts d'économie d'énergie ? Notre première expérience a porté sur des lignes d'autocars que nous exploitons dans les zones urbaines. Il nous a suffi d'équiper les cars de compteurs : le simple fait de pouvoir comparer leurs performances respectives a créé de l'émulation entre les conducteurs. Nous n'avons recouru ni à des bonifications, ni à des sanctions. Concernant les trains, nous ne pouvions jusqu'ici mesurer la consommation d'énergie que de façon globale, mais nous avons décidé d'équiper de compteurs l'ensemble de nos locomotives.

### ***Améliorer les infrastructures***

Des efforts doivent également porter sur les nœuds ferroviaires, c'est-à-dire les zones où beaucoup de lignes se rejoignent, créant des goulets d'étranglement. Comme dans un embouteillage de voitures, les conducteurs doivent alors arrêter le train, attendre qu'un autre train passe, redémarrer, ce qui est très consommateur d'énergie. En 2002, un rapport de la Commission européenne a montré que si nous arrivions à résorber ces zones d'étranglement sur le territoire français, nous pourrions obtenir encore 6 à 8 % d'économies d'énergie. Ceci nécessiterait des investissements d'infrastructure lourds, mais l'enjeu est important.

### ***Tenir compte des prix horaires de l'électricité***

Nous cherchons également à optimiser la marche des trains en fonction des tarifs horaires de l'énergie électrique, car l'électricité se vend maintenant à des tarifs différents suivant les jours et les heures, ce qui représente des gisements substantiels d'économie. Sur un transport de longue durée, on peut par exemple augmenter la vitesse du train jusqu'à 7 h 30, parce que l'électricité coûte moins cher sur cette plage horaire, puis ralentir pendant la période de pointe, où elle est plus chère, puis réaccélérer afin de rattraper le temps perdu, etc. Sur le trajet de 400 km d'un train à grande vitesse entre Paris et Lyon, on peut obtenir de cette façon une économie de 480 euros. Or, sur la plus grande portion de cette ligne, nous faisons rouler un train toutes les quatre minutes pendant 8 heures par jour.

### **Optimiser le remplissage**

Les clients apprécient que la fréquence des trains soit la plus grande possible, tout comme les élus des villes que nos lignes traversent. Mais des trains à moitié vides font diminuer l'efficacité énergétique. Nous devons prendre en compte ce facteur et développer encore nos systèmes de réservation pour mieux remplir nos trains. Il en va de même pour les trains de fret : il vaut mieux un long train de fret bien rempli que deux trains avec moins de wagons.

### **L'énergie de freinage**

Un moteur électrique, lorsqu'il freine, devient producteur d'électricité. Nous travaillons actuellement sur la possibilité de renvoyer cette électricité du freinage dans les caténaires, de façon à alimenter le train suivant ou le train précédent. Cette technologie doit être bien maîtrisée car dans le cas où un accident se produit sur une ligne et que l'électricité est coupée, renvoyer de l'électricité dans les caténaires peut poser des problèmes de sécurité. Le projet est cependant bien avancé, et nous en attendons plusieurs millions d'euros d'économie par an.

### **Les trains à l'arrêt**

Entre deux circulations, les trains sont lavés, entretenus, nettoyés, puis ils attendent dans des parkings jusqu'à leur prochaine utilisation. Les exploitants ferroviaires ont la mauvaise habitude de laisser parfois allumée une rame de train qui est pourtant à l'arrêt. Pendant des heures, la lumière, la climatisation ou le chauffage fonctionnent pour rien. Il existe aujourd'hui des systèmes de télécommande qui permettent de rallumer la lumière ou le chauffage deux heures avant la mise en service, et cela peut être source d'économie également. A noter que pendant la marche des trains, la température intérieure est régulée en fonction de la température extérieure, de façon à optimiser le chauffage ou la climatisation.

### **Les résultats obtenus**

Grâce à ces diverses méthodes, dont la plupart valent à la fois pour la traction gazole et la traction électrique, nous avons déjà enregistré de sérieuses économies d'énergie.

Entre 1999 et 2004, la consommation moyenne d'une locomotive à gazole, pour le même poids tiré ou le même nombre de voyageurs, est passée de 2,17 à 1,64 litre par kilomètre, soit une baisse de 24 %. Il s'agit d'un résultat encourageant, à la fois sur le plan de l'économie de ressource, de la diminution de l'émission de CO<sub>2</sub> et de polluants, et bien sûr de la diminution des charges d'exploitation pour la société.

### ***La création d'une ligne nouvelle***

La ligne TGV Est Europe que nous allons ouvrir en 2007 mettra Strasbourg à 2 h 30 de Paris au lieu de quatre heures actuellement. La création d'une ligne nouvelle de ce type entraîne des transferts importants de la route vers le rail, de l'ordre d'1,25 million d'automobilistes par an préférant le train. L'impact en terme de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> et de polluants est considérable : le passage d'un milliard de voyageurs / kilomètres passant de la voiture au train représente une économie de 107 000 tonnes de CO<sub>2</sub>. De même, 2,5 millions de voyages qui se faisaient par avion se feront désormais par le train. La nouvelle ligne aura aussi un impact sur les transports ferroviaires dans les régions qu'elle traversera : de nombreux voyageurs qui prenaient leur voiture pour se rendre à l'aéroport utiliseront désormais des trains régionaux pour rejoindre l'interconnexion avec la gare TGV. Cet impact sur les trains régionaux est évalué à 2,3 millions de voyageurs par an et va augmenter de 40 % le trafic dans les régions traversées entre Paris et Strasbourg.

### ***L'intermodalité***

Pour accroître ces transferts, nous devons développer l'intermodalité, c'est-à-dire réussir à combiner plusieurs modes de transport. Les solutions pertinentes en termes de développement durable sont celles qui permettent d'utiliser à chaque étape le mode de transport le plus efficace. Pour le transport de marchandises de porte à porte, la route est irremplaçable ; mais le train est la meilleure option pour les transports sur de grandes distances. La solution consiste à marier les deux modes grâce à des plates-formes intermodales. Grâce à des conteneurs, ou caisses mobiles, il est facile de faire passer les marchandises du camion sur le train pour parcourir une longue distance, et à nouveau du train sur le camion pour être livrées à leur destination finale, le tout sans avoir besoin de les débarquer puis de les rembarquer. Les pouvoirs publics encouragent fortement le fret ferroviaire : nous avons reçu des aides pour moderniser

notre outil de transport de marchandises, et les utilisateurs de ce mode de transport peuvent également être subventionnés, par exemple pour s'équiper de conteneurs rail-routes et d'installations permettant de les déplacer. Il en va de même pour les voyageurs : nous devons combiner les différents types de transports urbains et interurbains avec le moins de ruptures de charge possible, le plus de confort et le meilleur tarif. Les plates-formes intermodales peuvent comprendre des parkings à voiture, mais aussi faire le lien avec le métro, le tramway, le train régional, l'avion. La réflexion sur l'efficacité énergétique est vraiment inséparable de cette réflexion sur l'intermodalité.

### ***Perspectives en Chine***

La SNCF travaille déjà beaucoup en Chine. Nous effectuons des missions sur l'environnement, sur la formation de cadres ou encore sur des aménagements intermodaux. Nous pouvons réaliser des études préalables sur les infrastructures ferroviaires, par exemple quand il s'agit d'électrifier ou de moderniser une ligne. Nous savons également mener des études de prévisions socioéconomiques, portant sur les coûts et sur les retombées d'exploitation, car nous continuons d'ouvrir des lignes en France et nous menons chaque fois ce type d'analyse. Nous pouvons également intervenir en assistance à la maîtrise d'œuvre des travaux d'infrastructure, par exemple pour la conception et la maîtrise d'œuvre des gares, l'étude de lignes nouvelles ou modernisées, l'optimisation des circulations, les programmes de formation liés à la maîtrise des enjeux énergétiques.



## 5.1. L'efficacité énergétique dans l'industrie chinoise

**Eric J. F. Francoz**, Chef de projet AFD

L'industrie représente près de 40 % de la consommation énergétique chinoise. Au cours des trente dernières années, la Chine a fait des progrès considérables en termes d'intensité énergétique, mais depuis l'an 2000, on constate un infléchissement qui se traduit par une augmentation de cette intensité. Peut-être cela signifie-t-il que l'on a atteint, dans certains domaines, les limites des outils existants ?

Si la Chine n'avait pas diminué son intensité énergétique au cours de ces trente ans, sa consommation serait le double de ce qu'elle est actuellement. Les projections laissent penser qu'entre 2020 et 2030, la Chine devrait dépasser les Etats-Unis en termes d'émission de gaz à effet de serre. On peut cependant rappeler à ce sujet les prévisions qui avaient été faites dans les années 1970, par différents cabinets, concernant le niveau de la consommation énergétique des Etats-Unis en 2000. Toutes ces prévisions annonçaient une consommation supérieure à celle d'aujourd'hui et la plus pessimiste prévoyait une consommation trois fois supérieure à celle observée. Ceci montre que les Etats-Unis ont été capables, suite aux chocs pétroliers, de faire des progrès considérables, même s'ils sont regardés, encore aujourd'hui, et à juste titre, comme un pays très énergivore.

La Chine se trouve actuellement dans une situation assez proche : les prévisions sont très pessimistes, mais la politique volontariste du gouvernement et le travail de la NDRC peuvent fortement infléchir l'avenir. Celui-ci dépend largement des décisions qui seront prises aujourd'hui. En 2020, la consommation d'énergie dépendra du taux moyen de croissance du PNB chinois, mais aussi, et surtout, de la proportion dans laquelle l'intensité énergétique continuera à s'améliorer. Parmi les différents secteurs industriels chinois, les trois plus gros consommateurs sont la sidérurgie et les industries métalliques de métaux ferreux et non ferreux ; les minéraux de construction, en particulier les cimenteries et tous les matériaux de constructions ; et enfin la chimie et la pétrochimie. Dans ces domaines, des progrès considérables peuvent encore être réalisés. L'intensité énergétique moyenne des différentes industries, si on la compare à la moyenne mondiale, représentée par une base 100, est de 121 pour la sidérurgie, de 122 pour les centrales thermiques à charbon, de 145 pour les cimenteries, de 165 pour les fonderies de cuivre, de 220 pour les papeteries.

A titre de comparaison, la part des énergies renouvelables dans la consommation énergétique chinoise est de 3 à 4 %, alors que la part de la sidérurgie dans la consommation totale est de 10 %. Si cette industrie s'alignait sur le niveau d'efficacité énergétique mondial, le gain serait de 2 % de la consommation actuelle, c'est-à-dire la moitié de la production de toutes les formes d'énergies renouvelables, depuis les éoliennes jusqu'au barrage des Trois Gorges. Le gisement de néga-joules est donc considérable. Pourquoi cet écart est-il si important ? L'une des raisons tient à la répartition des investissements réalisés en Chine entre les secteurs de la production d'énergie et de l'efficacité énergétique. D'après les analyses du Lawrence Berkeley National Laboratory, au début des années 1980, sur 100 dollars investis, 13 allaient à l'efficacité énergétique et le reste à la production ; aujourd'hui, seulement 4 à 5 dollars vont à l'efficacité énergétique.

L'augmentation de l'intensité énergétique tient aussi à celle du niveau de vie, à l'urbanisme, et enfin au fait que certains grands gisements d'efficacité énergétique de l'industrie lourde ont déjà été exploités dans les années 1980. Malgré tout, les investissements dans l'efficacité énergétique restent encore trop faibles, alors qu'ils sont aussi productifs, sinon davantage, que les investissements dans la production d'énergie.

## 5.2. L'expérience des ESCO en Chine

**Dai Yande**, directeur-adjoint de l'Institut de recherche sur l'énergie de la NDRC

La Chine a vu son intensité énergétique décroître fortement, mais des progrès importants doivent encore être réalisés, et les compagnies de service d'économie d'énergie (ESCO) peuvent apporter aux entreprises une aide précieuse en ce domaine. Les objectifs du XI<sup>ème</sup> quinquennat prévoient une réduction de 20 % de l'intensité énergétique alors que la croissance économique devrait être de 7,5 % ; au total, nous devons économiser 650 millions de tonnes d'équivalent charbon, ce qui est considérable. Cet objectif est ambitieux mais pas irréaliste car le gouvernement chinois est un gouvernement volontariste.

Les investissements d'efficacité énergétique ont l'inconvénient d'être moins médiatiques que les investissements dans la production. Un responsable local préfère se consacrer à la mise en place d'une centrale éolienne qu'à la réhabilitation des équipements d'un complexe sidérurgique. Pourtant, c'est bien dans ce dernier domaine qu'on peut attendre les résultats les plus importants en matière d'efficacité énergétique. Il en va de même pour les investisseurs étrangers qui, eux aussi, préfèrent parfois financer des éoliennes. Or c'est en investissant dans les secteurs les plus énergivores qu'on obtiendra les résultats les plus spectaculaires. Pour les projets industriels de petite taille, le délai de retour sur investissement n'excède pas cinq ans, et il est plutôt de trois ans. Mais ils posent deux difficultés. Premièrement, les banques ne disposent pas de méthodologie d'évaluation adaptée, car ces projets ne génèrent pas de cash-flow direct. Deuxièmement, les entreprises elles-mêmes sont beaucoup plus familiarisées avec les problématiques de la production qu'avec la prévision des économies d'énergie. D'où l'intérêt de recourir à des spécialistes de ces questions à travers les ESCO.

Les ESCO disposent de consultants spécialisés dans le domaine de la consommation d'énergie. Ils peuvent se charger d'identifier les investissements nécessaires et de concevoir les moyens techniques qui permettront d'atteindre les objectifs d'efficacité énergétique. Lorsqu'une entreprise doit signer un contrat, les ESCO peuvent se charger de l'intermédiation entre les banques et leurs clients. La plupart du temps, les entreprises traitent directement avec les banques, alors qu'elles gagneraient beaucoup à passer par les ESCO, qui ont toute l'expérience nécessaire

pour mener à bien ce type de contrat. La compétence des ESCO porte non seulement sur l'étude des projets mais aussi sur l'évaluation et le contrôle des risques. Elles peuvent participer à l'investissement puis partager avec l'entreprise les bénéfices du projet. Nous avons mis en place, avec l'aide de la Banque mondiale, un fonds de garantie « économie d'énergie » de 22 millions de dollars, qui joue un rôle très positif pour favoriser les investissements. D'après des statistiques incomplètes, ceux-ci se sont élevés en 2005 à 2 100 millions de yuans, soit une augmentation de 140% par rapport à l'année 2003. Les ESCO sont déjà plus d'une centaine dans toute la Chine, notamment à Pékin, Shanghai et sur la côte sud-est où l'économie est plus développée ; il y en a encore peu dans l'ouest de la Chine. Les ESCO interviennent surtout dans le bâtiment et l'industrie, beaucoup moins dans les transports. Les techniques qui font l'objet des investissements concernent la récupération de chaleur gaspillée, la récupération de gaz inflammable dans des process industriels pour produire de l'électricité, l'amélioration des rendements des systèmes moteurs, la réhabilitation complète des bâtiments, la cogénération.

Quelques problèmes demeurent : les fonds accordés par l'Etat aux entreprises sont limités, et les risques financiers demeurent importants. Certaines entreprises peu scrupuleuses parviennent à faire des économies d'énergie mais ne reversent pas les fonds comme prévu à l'ESCO. Malgré cela, les sociétés ESCO sont très rentables, et l'une d'entre elles envisage de se faire coter à la Bourse de New York.

### 5.3. Les audits énergétiques dans l'industrie

72

**Jean-Charles Mulet**, Bertin Technologies – Directeur du département Energie Process Environnement

Trois types d'actions peuvent inciter les industriels à progresser en matière d'efficacité énergétique. Le premier consiste à informer et sensibiliser à tous les niveaux : engagement de la direction dans une politique énergétique, création d'un poste de responsable de l'énergie, implication du personnel en vue de son adhésion à la politique énergétique. Le deuxième consiste à définir et imposer un cadre réglementaire. Par exemple, jusqu'à présent, en France, seules les chaudières de plus de 20 MW devaient subir des inspections, une fois tous les deux ans. Aujourd'hui, ce seuil va descendre à 400 kW. Le troisième type d'action consiste à favoriser les démarches d'efficacité

énergétique en offrant aux entreprises des outils d'aide à la décision à travers les audits énergétiques. L'ADEME a mis en place ce type d'outil en France, à la suite des nouvelles envolées des prix du pétrole.

L'audit comprend trois étapes : *le pré-diagnostic, le diagnostic et l'étude de faisabilité*. Le pré-diagnostic consiste à faire un état des lieux dans l'entreprise. C'est une démarche rapide, qui correspond à deux ou trois jours d'intervention d'un bureau d'études. L'objectif est d'établir le bilan des consommations d'énergie connues, d'identifier les postes les plus rapidement modifiables pour améliorer l'efficacité, et d'évaluer de façon sommaire le coût des solutions mais aussi des gains économiques et financiers associés à la mise en œuvre de ces solutions. Ce pré-diagnostic est financé par l'ADEME à hauteur de 70 % jusqu'à un montant de 2 300 euros.

Le diagnostic commence par la réalisation de campagnes de mesures détaillées sur une période représentative, afin de réunir les données nécessaires pour effectuer un bilan suffisamment exhaustif et exploitable. A partir de ce bilan, nous menons une analyse critique des procédés et des conditions d'exploitation de l'installation, qui permet d'identifier et de hiérarchiser les investissements à prévoir. Certaines actions peuvent être simples et immédiates ; d'autres sont prioritaires et peuvent être menées avec un taux de rentabilité élevé ; d'autres enfin seraient utiles mais peuvent être programmées ultérieurement. Ce diagnostic peut être aidé à hauteur de 50 % du coût de l'étude, jusqu'à 30 000 euros.

L'étude de faisabilité intervient également avant le lancement des investissements. Elle constitue la première étape de l'ingénierie, ou avant-projet sommaire. Il s'agit de dimensionner les installations et de chiffrer les différentes solutions préconisées de façon à aboutir à la meilleure. Cette étape est également aidée par l'ADEME à hauteur de 50 % jusqu'à un montant d'étude de 75 000 euros.

En aucun cas ces audits n'ont vocation à permettre d'accorder des récompenses ou d'appliquer des sanctions : il s'agit simplement d'aider les industriels à comprendre le bilan énergétique de leur entreprise et de les inciter à faire des économies d'énergie.



# La production d'énergie renouvelable ou efficace

6

## 6.1. Les outils pour promouvoir l'électricité renouvelable sur le réseau en Europe

**Jean-Louis Plazy**, ADEME

Il existe trois façons de valoriser les énergies renouvelables : la chaleur, les biocarburants et l'électricité. La production de chaleur représente à l'heure actuelle l'équivalent de 10 millions de tep et nous souhaitons aller vers 15 M tep en 2010. Les biocarburants représentent de 0,8 % de la consommation française ; notre objectif est d'atteindre 7 % en 2010. Pour cela, nous devons investir dans la construction d'usines de fabrication et étudier des mesures de détaxe des biocarburants produits afin de les rendre compétitifs avec les carburants issus de la transformation pétrolière. La production d'électricité issue d'énergies renouvelables est de 65 TWh, soit 14 % du total national, et conformément à une directive européenne, nous souhaitons l'augmenter de 35 TWh en 2010, de façon à atteindre 21 %. Compte tenu du fait que les marges de progression sur l'hydraulique sont relativement limitées, l'effort portera surtout sur d'autres sources d'énergie comme la bioélectricité, c'est-à-dire la production d'électricité à partir de biocombustibles, de méthanisation et de biocombustion (combustion de déchets) ; l'électricité éolienne ; l'électricité photovoltaïque.

Le gouvernement français a défini une programmation pluriannuelle des investissements de production électrique, afin d'accroître significativement les capacités de production. La méthode de programmation commence par une phase de diagnostic

75

qui comprend l'analyse des outils de production, l'analyse de la consommation et de son évolution, l'analyse des actions de maîtrise de la demande, la prise en compte de la directive européenne et l'analyse des potentialités des énergies renouvelables. A noter que l'effort d'économie d'énergie constitue un préalable à tout investissement dans les capacités de production. La deuxième phase est celle de la fixation des objectifs. Pour le bois, cet objectif est de 300 MW en 2007, et des appels à projets sont lancés par le gouvernement pour mettre en place des unités de production d'électricité correspondantes. Pour l'éolien, l'objectif est de 1 000 MW pour 2007. La troisième phase est celle de la réalisation des installations qui découlent de cette programmation. Le gouvernement lance des appels à projets et les porteurs de projets sélectionnés se voient attribuer, d'une part, un contrat de concession qui leur assure une durée d'exploitation de 25 ans afin de permettre un retour d'investissement couvrant le coût des installations ; d'autre part, un prix garanti de rachat de l'électricité. Ces deux facteurs combinés permettent d'assurer la rentabilité de l'installation.

Très souvent, c'est une société privée qui est à l'origine du projet. Elle a pour partenaires une banque, un industriel qui prend en charge tout ou partie de l'installation, la compagnie d'électricité qui aura l'obligation de racheter l'électricité produite. Le parc éolien de Donzère, par exemple, est une petite unité dont la puissance installée est de 5 MW. Le coût d'investissement a été de 3,8 millions d'euros, avec trois sources de financement : 10 % de fonds propres, une subvention de la région à hauteur de 15 % et 75 % d'emprunt. La durée du contrat de concession étant de 25 ans et le prix garanti de rachat de l'électricité étant de 6 centimes d'euros par kWh, la recette annuelle de la société est de 600 000 euros, dont il faut déduire les 120 000 euros d'entretien et le remboursement de l'emprunt.

Nous procédons de la même façon pour les projets de bioélectricité, et des appels à projets sont actuellement lancés sur la production d'électricité à partir de la combustion de la biomasse ou de la combustion de déchets. Dans ces projets, l'ADEME n'apporte pas de financements proprement dits, car le montage des opérations permet de dégager une rentabilité suffisante. Notre contribution consiste plutôt à conforter des études, en vérifiant par exemple, pour les éoliennes, que le gisement nécessaire est bien présent, ou encore en réalisant des études d'impact local et des opérations de communication auprès des riverains, qui souvent se plaignent des nuisances provoquées par les éoliennes. Nous finançons également des études pour cartographier les zones

d'implantation les plus favorables, ainsi que des études de recherche et développement pour abaisser le coût de ces technologies.

## 6.2. Perspectives du marché des énergies renouvelables en Chine

**Li Junfeng**, Secrétaire général du CREIA (*China Renewable Energy Industries Association*)

Les énergies renouvelables connaissent un développement rapide au plan mondial, comme le montrent les trois indices suivants. Le premier est la politique volontariste menée par les gouvernements. Plus de cinquante pays ont pris des mesures pour inciter au développement des énergies renouvelables, y compris quatorze pays en développement. Trente-deux pays ont adopté des mesures permettant d'introduire l'électricité renouvelable en réseau. Six pays ou régions ont fixé des objectifs contraignants. Plus de trente pays ont mis en place des subventions directes ou d'autres incitations pour développer les énergies renouvelables. Deuxième indice : le développement des différents types d'énergies renouvelables. Entre 2000 et 2004, cette croissance a été de 2 % pour la grande hydraulique, de 7 % pour la petite hydraulique, de 13 % pour le chauffage par géothermie, de 29 % pour l'électricité éolienne, de 60 % pour la production d'électricité d'origine photovoltaïque. Troisième indice : les investissements de plus en plus importants réalisés dans ce domaine par les grandes institutions financières internationales, qu'il s'agisse de fonds d'investissement d'établissements financiers internationaux ou de banques de développement telles que la Banque mondiale ou les banques européennes. On constate aussi une participation croissante des grandes entreprises, notamment des fabricants d'équipements internationaux ou des entreprises chinoises, les groupes pétroliers chinois et les grandes sociétés d'électricité en particulier.

### ***L'utilisation des investissements étrangers***

Les perspectives du marché des énergies renouvelables sont particulièrement importantes en Chine. En ce qui concerne l'énergie hydraulique, par exemple, la capacité exploitable est de 400 GW, alors que la puissance installée n'est que de

110 GW. Pour l'éolien, le potentiel exploitable est de 1 000 GW, dont 250 GW sur terre et 750 GW sur mer. En 2005, il existait déjà 53 sites de production dont l'électricité est réinjectée dans le réseau, mais d'une capacité totale de seulement 1,26 GW. Pour le photovoltaïque, on estime que le rayonnement solaire est de 3 340 à 8 400 MJ/m<sup>2</sup> annuel, alors que la puissance installée n'est que de 75 MW, principalement pour une utilisation dans des sites isolés ou pour des utilisations commerciales particulières.

Les énergies renouvelables constituent un domaine d'autant plus intéressant pour les investissements étrangers que le gouvernement chinois a une politique d'incitation très claire en la matière, notamment à travers une politique tarifaire encourageant la production d'électricité par les énergies alternatives. La NRDC continue à anticiper une croissance économique de 8 % par an, et contrairement à d'autres pays, qui présentent des risques politiques, la Chine connaît une situation stable.

### ***Des exemples de réussite***

Une compagnie australienne a négocié et mis en place des joint-ventures avec des sociétés chinoises pour diminuer les risques d'investissement. Certains groupes créent des sociétés qu'ils revendent ensuite à des sociétés chinoises : ils dynamisent ainsi l'industrie chinoise tout en rentabilisant rapidement leur investissement. Une société chinoise a été introduite en bourse à New York, ce qui suscite un grand intérêt de la part des investisseurs étrangers et devrait avoir un effet d'entraînement. Certains de ces succès ont été rendus possibles par des aides gouvernementales. Par exemple, une société du Xinjiang a commencé par utiliser des concours gouvernementaux des Pays-Bas et du Danemark pour devenir le plus gros producteur de ventilateurs de Chine. Toujours dans le Xinjiang, une société a bénéficié de dons et de crédits des Pays-Bas et elle est aujourd'hui une des plus grosses entreprises de production d'électricité photovoltaïque.

Les énergies renouvelables sont un secteur en pleine croissance. Les incitations gouvernementales sont encore le principal facteur de leur développement, mais celles-ci étant insuffisantes, l'appui du secteur privé est également indispensable. Compte tenu de son potentiel de développement considérable, ce secteur offre un bel avenir aux acteurs qui décideront d'y investir.

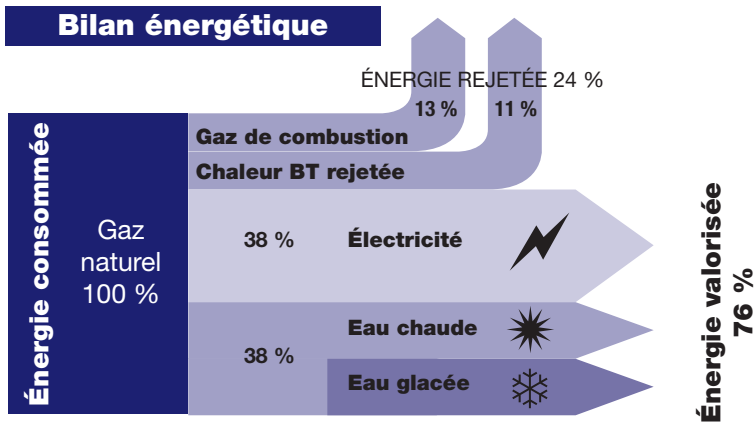
## 7.1. La trigénération à Montpellier

**Michel Irigoien**, directeur de l'Énergie de la municipalité de Montpellier

L'utilisation de la trigénération à Montpellier illustre la façon dont une ville peut intervenir en tant qu'entité de production et de distribution d'énergie efficace. La trigénération est la production simultanée d'électricité, de chaleur et de froid. Les deux premiers principes sont connus : on valorise pour le chauffage urbain la chaleur qui a servi à produire de l'électricité. Le troisième est moins répandu ; il repose sur une technologie utilisée notamment par des fabricants chinois et aujourd'hui mondialement reconnue, l'absorption : la chaleur de refroidissement du moteur de cogénération est valorisée à la fois sous forme de chaleur et sous forme de froid. Les équipements comprennent un cogénérateur et une chaudière d'appoint qui fonctionnent au gaz et produisent la chaleur et l'électricité ; un absorbeur à eau chaude complété par un absorbeur à gaz et un turbocompresseur d'appoint pour la fourniture de froid. L'électricité est revendue à EDF et les réseaux de chaud et de froid permettent d'assurer la fourniture aux clients.

L'intérêt de cette méthode est la valorisation beaucoup plus importante de l'énergie primaire. La production totale d'énergie est de 58 MW de chaleur, 23 MW de froid, 10 MW d'électricité (dont 4 MW liés à la cogénération et 6 MW liés à la trigénération). Ceci représente un rendement de 76 %, à comparer aux rendements de 30 à 40 % au maximum que l'on obtient avec des centrales nucléaires ou des centrales à charbon ou à fioul.

Graphique 9.  
Bilan énergétique



La ville de Montpellier est autorité concédante : elle est propriétaire des réseaux de froid et de chaud, ce qui est peu courant en France. L'exploitation de ces réseaux se fait par l'intermédiaire d'une société d'économie mixte, la SERM (Société d'équipement de la région montpelliéraine), dans laquelle la ville de Montpellier est majoritaire. La SERM dispose d'une concession de trente ans. L'investissement qu'elle a réalisé en 2000 est de 6 millions d'euros, financés par un emprunt. En tant que concessionnaire, elle a pris à sa charge le risque bancaire en signant un contrat avec une société qui a construit l'installation et qui a également été choisie comme exploitant pendant la durée du contrat de rachat prévue (12 ans).

Le bilan de l'opération se mesure sur deux plans : celui de l'efficacité énergétique et celui de la qualité de l'air. Le dispositif permet une économie de 7 000 tonnes de CO<sub>2</sub>, mais aussi, grâce à l'utilisation de l'eau comme fluide frigorigène, de 250 kg de CFC, gaz destructeur de la couche d'ozone. Il évite également la production de 41 tonnes de SO<sub>2</sub>, de 10 tonnes de NO<sub>2</sub> et de 3 tonnes de poussières, ce qui préserve la qualité locale de l'air. Au total, cette opération s'avère à la fois rentable économiquement et utile pour la protection de l'environnement. La ville de Montpellier et la SERM prévoient maintenant de remplacer une centrale au charbon par une grosse centrale de biomasse d'une capacité de 6 MW. Cette nouvelle centrale sera alimentée

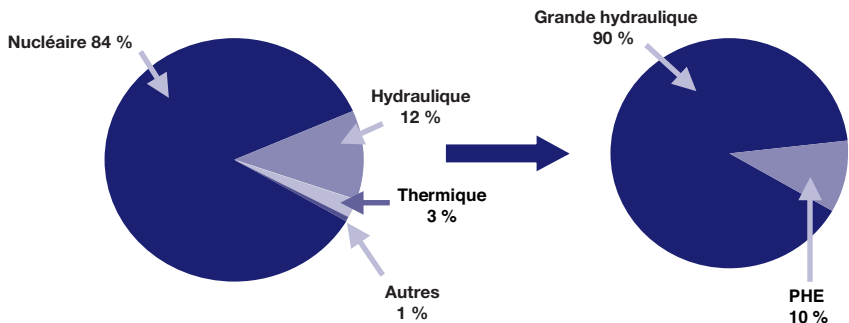
par du bois de récupération locale et des déchets non valorisés par Montpellier, ou issus de l'arrière-pays. Elle est emblématique de la volonté de remplacer les énergies fossiles par des énergies renouvelables.

## 7.2. Le renouveau de la petite hydraulique

**Olivier Crépon**, chef de projet à ISL (Bureau d'ingénieurs conseils)

La petite hydroélectricité est définie de façon différente selon les pays. En France, relèvent de ce secteur les centrales dont la puissance installée est inférieure à 10 MW. Le parc français comprend des aménagements de tous types, aussi bien de basse chute avec des roues de type Kaplan que de moyenne et haute chute avec des roues Francis ou Pelton. La puissance installée pour l'ensemble de la petite hydroélectricité française est de 2 500 MW, ce qui représente 10 % de la production hydroélectrique totale et 1,2 % de la production électrique française.

Graphique 10.  
Puissance de la petite hydraulique



### Les actions entreprises

Depuis quelques décennies, différentes mesures ont été prises par les pouvoirs publics et les industriels pour relancer la petite hydraulique. L'ADEME a procédé à un

recensement de toutes les centrales existant en France et a établi un diagnostic sur l'état actuel de cette filière. Les centrales, au nombre de 3 500, sont concentrées en particulier sur les deux massifs montagneux français, les Pyrénées et les Alpes. Leur puissance moyenne est faible (700 kW). Un rapport réalisé en 2000 sur leur potentiel de développement a montré qu'on pouvait passer de 2 500 à 3 500 MW. Des textes législatifs ont confirmé l'obligation d'achat de ce type d'énergie et garanti les tarifs. Des aides et subventions ont été accordées à la fois par l'Etat et par les conseils régionaux et généraux pour financer des études mais aussi une partie des travaux.

Par ailleurs, des réflexions ont été menées en faveur de l'innovation technologique afin d'élargir la gamme des sites exploitables, aussi bien vers les petites que les hautes chutes. D'autres innovations sont destinées à de toutes petites puissances. Par exemple, sur d'anciens moulins, on remplace les vieilles roues à aubes par des roues modernisées ou par des vis d'Archimède. D'autres recherches tendent à réduire les coûts liés au génie civil ou encore à renforcer l'intégration paysagère des aménagements, par exemple avec des technologies de type « bulbe », qui permettent d'intégrer la turbine en partie basse, sous le niveau de retenue de l'eau, et de supprimer toute superstructure. D'autres enfin ont porté sur l'impact environnemental : injection d'oxygène pour préserver la qualité de l'eau, innovations pour réduire de façon significative l'impact des turbomachines sur la faune, ou encore permettre le libre franchissement par les poissons des ouvrages de retenue. En France, c'est un sujet sensible car l'acceptabilité des projets est en partie liée à la façon dont sont traités les problèmes environnementaux.

### ***La vallée du Doubs***

Le Doubs est une petite région située à l'est de la France et comprenant une vallée industrielle qui a été équipée, tout au long des XIX<sup>ème</sup> et XX<sup>ème</sup> siècles, de nombreuses centrales. L'ADEME a financé en 1999 une étude dont la méthodologie reprend les différentes étapes évoquées par Christian de Gromard. L'étape de diagnostic a consisté à recenser exhaustivement toutes les installations en fonctionnement ou abandonnées, en donnant un avis sur leur état et sur la possibilité de les rénover. Elle a été suivie par la mise en place, par l'ADEME et la région Franche-Comté, d'un programme d'intervention consistant à proposer des aides et des subventions pour encourager les propriétaires de centrales à réhabiliter et moderniser leurs installations, mais aussi à trouver de nouveaux sites exploitables dans la vallée. Nous en sommes maintenant au

plan d'intervention, qui va permettre de passer à la mise en œuvre des financements et à la réalisation des travaux et qui est intégré au Contrat de Plan 2000-2006.

L'énergie hydroélectrique est une énergie renouvelable bénéficiant de technologies matures. Néanmoins, malgré ses atouts, cette filière et en particulier celle de la petite hydraulique ont besoin d'être soutenues pour atteindre un double objectif : moderniser et pérenniser les nombreuses installations existantes ; susciter de nouvelles implantations pour augmenter les puissances installées.

### **7.3. Le développement de la géothermie en France et les opportunités pour la Chine**

**Dominique Tournaye**, CFG (Compagnie française de géothermie)

La géothermie est l'utilisation de la chaleur terrestre, qui augmente d'environ 3° tous les cent mètres de profondeur, et de 10°, voire davantage, dans les zones volcaniques. Des forages permettent de récupérer cette énergie soit sous forme d'eau chaude, et elle est alors utilisée pour du chauffage urbain, de la serriculture ou encore de la pisciculture ; soit sous forme de vapeur, et on peut alors s'en servir pour produire de l'électricité. En 1997, la puissance installée dans le monde était de l'ordre de 8 600 MW thermiques et la Chine se situait en bonne position : avec 2 000 MW thermiques, elle était le plus gros contributeur au monde. En ce qui concerne la génération électrique, la production mondiale est passée de 6 000 MW installés en 1990 à 12 000 en 2005, soit un doublement en quinze ans. Dans ce domaine, les plus gros contributeurs sont les Etats-Unis, le Japon, l'Italie, l'Indonésie, les Philippines. La production chinoise n'a guère augmenté depuis 1996, où elle atteignait 32 MW : elle n'a jamais atteint les 80 MW qui étaient alors prévus à l'horizon 2000.

En France, la géothermie s'est développée essentiellement après les deux premiers chocs pétroliers ; une cinquantaine de projets ont été réalisés dans les bassins parisien et aquitain. Chaque projet comprend un forage de 1 500 mètres de profondeur environ, pratiqué selon la technique du « doublé », qui consiste à réinjecter l'eau thermale après avoir exploité sa capacité thermique. Beaucoup de forages ont été réalisés sous Pékin et Tianjing en puits unique, sans réinjection, de sorte qu'aujourd'hui ces villes sont confrontées

à des rabattements de nappe et sont obligées d'abandonner certains forages. Dans la région parisienne, les 35 sites installés permettent de chauffer chacun environ 4 000 logements pour les plus petits et jusqu'à 20 000 logements pour les plus importants.

Les avantages de la géothermie sont nombreux. Elle est écologique car elle génère peu d'émissions de CO<sub>2</sub> : on estime par exemple que les 50 sites français permettent d'économiser 600 000 tonnes de CO<sub>2</sub> par an, et que les sites de la région parisienne permettent de réduire la pollution locale de 1 à 2 %. La géothermie est largement répandue sur la planète, ce qui permet d'envisager des développements importants. C'est une énergie qui ne dépend pas des aléas climatique. Enfin, elle est économique par rapport aux énergies fossiles, notamment le gaz et le fioul.

### ***Les aides au développement de la géothermie en France***

Lorsque nous lançons un projet de géothermie, nous commençons par une phase d'étude pour laquelle nous avons l'appui de l'ADEME et des aides régionales. Quand nous passons à la phase de réalisation, l'ADEME soutient également le projet en finançant par exemple 30 % du coût du nouveau forage et en subventionnant le projet à hauteur de 400 euros par tonne de carbone évitée sur les extensions de réseaux de chauffage urbain. Les régions peuvent également apporter leur contribution. La région Ile-de-France, en particulier, abonde la contribution de l'ADEME de 200 euros par tonne de carbone évitée.

Les études préliminaires ne suffisent pas à écarter tout risque que le forage ne donne aucun résultat. Il peut arriver que nous ne trouvions pas d'eau, ou que l'eau soit insuffisamment chaude pour du chauffage urbain. C'est pourquoi, dès les années 1980, à un moment où la géothermie s'est fortement développée sous l'impulsion de l'ADEME, nous avons créé un fonds de couverture de risque géologique, le Fonds court terme. Lorsqu'une municipalité décide de réaliser un premier forage et que celui-ci s'avère être un échec, le Fonds lui rembourse 90 % de son investissement. Un deuxième fonds a été créé, le Fonds long terme, qui couvre le risque de déclin prématuré de la ressource géothermique durant l'exploitation.

Nous exploitons actuellement deux unités de génération électrique en Guadeloupe, l'une de 5 MW et l'autre de 11 MW, pour lesquelles nous avons réalisé les études, les

forages et la supervision de la construction. Ces deux unités appartiennent à une société, Géothermie Bouillante, dans laquelle notre groupe, BRGM, détient 60 % des parts, et le groupe EDF (Electricité de France) 40 % également. Avec 16 MW au total, ces deux unités couvrent 10 % des besoins de l'île. Nous préparons des extensions vers le nord de la baie et espérons d'ici trois ou quatre ans pouvoir produire une vingtaine de MW supplémentaires, ce qui nous permettrait de couvrir plus de 20 % des besoins de la Guadeloupe.

En Indonésie, nous avons travaillé sur la conception et la construction de la centrale de Lahendong, qui a été financée par un protocole franco-indonésien grâce à la RPE (Réserve pays émergents). Le maître d'ouvrage était PLN (Electricité d'Indonésie), les contractants étaient des entreprises françaises et notre société a été chargée, après les études, de superviser la construction. Cette centrale est opérationnelle depuis 2001 et fonctionne parfaitement. Elle pallie la baisse de production des mini-centrales hydroélectriques du nord de l'île, liée à la diminution de la pluviométrie.

Dernier exemple, sur lequel nous avons travaillé en partenariat avec l'ADEME et l'AFD, un projet à la Dominique, île indépendante située entre les deux îles françaises de la Guadeloupe et de la Martinique, et bien connue pour son potentiel géothermique considérable (environ 100 MW). Les besoins de l'île sont très faibles car la population est réduite et le développement économique très limité. Depuis vingt ans mûrit le projet de développer ce potentiel et d'exporter l'énergie excédentaire par câble sous-marin vers la Martinique et la Guadeloupe. Les études préalables ont été subventionnées par la région Guadeloupe, l'ADEME et l'AFD, et en 2008 nous devrions passer à la réalisation de forages d'exploration, phase à risque qui serait cofinancée par le FFEM (Fonds français d'environnement mondial) et le FEM (Fonds pour l'environnement mondial) à hauteur de 4 millions d'euros. Il s'agit d'un projet très significatif au niveau régional en termes d'économie de pollution, puisqu'il permettra d'éviter entre 300 et 600 000 tonnes de CO<sub>2</sub> par an. Sur le plan économique, il représentera des entrées de devises importantes pour la Dominique et contribuera à son développement.

### ***Les projets en Chine***

En Chine, nous travaillons sur un projet dans la ville de Yanqing, située à 70 kilomètres au nord-ouest de Pékin. Cette ville compte 270 000 habitants et elle est

actuellement chauffée par 200 chaufferies à charbon. Une première phase de cinq puits de production et de réinjection est prévue d'ici les Jeux olympiques de 2008 pour chauffer entre 20 et 25 000 logements, c'est-à-dire environ 2 millions de m<sup>2</sup>, ce qui devrait permettre une économie de 100 000 tonnes de CO<sub>2</sub> par an dans un premier temps. La volonté de la municipalité est de continuer jusqu'à 3,5 à 7 millions de mètres carrés, ce qui permettrait de multiplier par deux les économies de CO<sub>2</sub>.

La Chine dispose de ressources géothermiques réparties sur l'ensemble de son territoire, avec des eaux dont la température couvre toutes les applications citées, y compris la production d'électricité. S'y ajoute, dans certaines régions, la possibilité d'envisager la climatisation par absorption, selon la technologie évoquée par Michel Irigoien à propos de Montpellier. Les perspectives de développement sont considérables. Plus de 2 900 sites ont été inventoriés avec des températures comprises entre 80 et 100°, à des profondeurs de 1 000 à 3 000 mètres. Deux cents sites présentent des moyennes et hautes températures, permettant la génération électrique avec des capacités importantes. Au Sichuan, le potentiel serait compris entre 170 et 1 000 MW ; au Yunnan, entre 570 et 2 500 MW ; au Tibet, entre 1 000 et 6 000 MW.

La géothermie pourrait ainsi contribuer assez substantiellement aux efforts de développement des énergies renouvelables, à condition que l'on prévoie des montages technico-financiers adaptés. Il faut notamment pouvoir financer les inventaires, les études préalables et les forages d'exploration : une fois la ressource démontrée, il est possible d'attirer les investisseurs privés.

### **7.4. La cogénération charbon-bagasse, développement en France et à l'île Maurice**

**Louis Thornald Decrop**, Séchilienne-SIDEC

Séchilienne-SIDEC est une société qui finance, fait construire et exploite des installations de production d'énergie. Nous intervenons à la fois dans la définition technique des projets, dans l'élaboration des montages financiers et enfin comme actionnaire des projets auxquels nous sommes associés. Nous sommes implantés dans les départements d'outre-mer français, à la Réunion, en Guadeloupe et à Maurice.

### **Avantages et inconvénients de la bagasse**

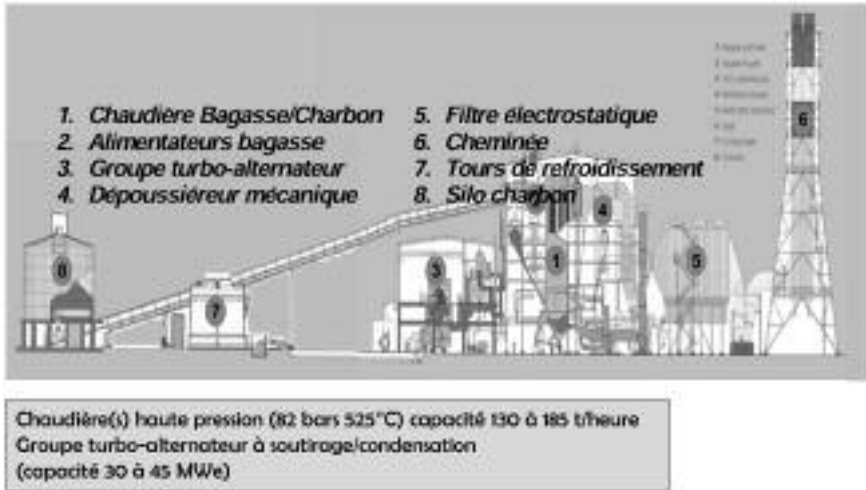
La canne à sucre est probablement l'un des meilleurs transformateurs d'énergie solaire : sur les terrains les mieux irrigués, elle produit des rendements de 140 tonnes à l'hectare. La bagasse est le résidu du traitement de la canne à sucre par les sucreries. La production mondiale de canne à sucre est de 800 millions de tonnes, ce qui donne après exploitation de la fibre 240 millions de tonnes de bagasse, dont l'équivalent énergétique est de 80 millions de tonnes de charbon. La production chinoise de bagasse s'élève à 18 millions de tonnes, soit un potentiel équivalent à 6 millions de tonnes de charbon.

Ce combustible présente de nombreux avantages. Il est renouvelable et sa combustion n'amointrit en rien la richesse naturelle. Il est produit localement, ce qui présente un intérêt pour les pays importateurs d'énergie. Il ne contient pas de soufre et sa combustion ne produit donc pas d'émissions d'oxydes de soufre. Enfin il est neutre du point de vue des gaz à effet de serre puisque le CO<sub>2</sub> rejeté lors de la combustion correspond à celui qui a été absorbé pendant le cycle de croissance de la plante. Dernier avantage, la bagasse ne contient pas de chlore, ce qui permet de l'utiliser dans des chaudières à haute performance : dans le cas de la paille, par exemple, la présence de chlore oblige à limiter les températures de vapeur et les pressions, sous peine de provoquer des phénomènes de corrosion.

La bagasse présente également deux inconvénients. Le premier est son caractère extrêmement volumineux. Un tas de 100 000 tonnes de charbon sur un hectare de terre s'élèverait à 10 mètres de haut ; pour stocker le même pouvoir calorifique sous forme de bagasse, le tas devrait être de la taille de la Tour Eiffel. Le deuxième inconvénient est que la production de la bagasse est soumise aux aléas climatiques, ce qui peut poser des problèmes pour le financement des installations : les banquiers peuvent s'inquiéter du risque lié au passage d'un cyclone ou aux années de sécheresse.

Pour contourner ces difficultés, nous construisons des installations qui brûlent toute la bagasse au fur et à mesure de sa production, de façon à éviter son stockage, et qui consomment du charbon lorsque la période de production de la bagasse est terminée. La centrale peut passer d'un combustible à l'autre sans interruption, ce qui lui permet d'assurer de façon continue le service industriel de production d'électricité.

Graphique 11.  
Schéma d'une centrale bagasse charbon



### Le fonctionnement d'une centrale

Pendant la campagne sucrière, la centrale brûle essentiellement de la bagasse et fournit à la sucrerie adjacente à la fois la vapeur et l'électricité dont elle a besoin ; elle renvoie également d'importants excédents d'énergie électrique sur le réseau. Suivant les pays, la campagne sucrière dure entre trois et neuf mois par an. Le reste du temps, la centrale brûle du charbon et fournit de l'électricité au réseau comme une centrale classique. L'installation comprend un stockage intermédiaire, car la sucrerie marche à pleine capacité pendant la nuit, alors que la demande d'électricité est faible.

Nous utilisons désormais des chaudières à haute performance, avec des rendements de 90 %. Elles produisent de la vapeur surchauffée (82 bars 525°) et elles sont équipées d'un double système de dépoussiérage (dépoussiéreur mécanique et filtre électrostatique), qui permet de rejeter des fumées parfaitement invisibles. La puissance du groupe turbo-alternateur est comprise entre 30 et 35 MW selon les centrales. Enfin, l'installation est complétée par des tours de réfrigération, un système de stockage et de manutention des combustibles, un système d'évacuation des cendres, les équipements électriques et de traitement d'eau.

## ***Les relations entre les partenaires***

Au centre du schéma contractuel se trouve une société de projet, dont nous sommes l'un des actionnaires aux côtés de nos partenaires, en général la compagnie sucrière et la compagnie d'électricité. L'épine dorsale du projet est le contrat d'électricité, signé selon les règles internationales, qui assure à la société de projet son cash-flow : ses seuls revenus proviennent en effet de la vente d'électricité au réseau. Elle signe des contrats classiques d'approvisionnement en charbon, mais aussi un contrat de troc avec la sucrerie voisine : la sucrerie fournit toute la bagasse qu'elle produit, en échange de quoi la centrale lui procure la vapeur et l'électricité dont elle a besoin. L'intérêt pour la sucrerie est de se débarrasser de sa bagasse et de ne pas avoir à supporter les coûts de production de vapeur et d'électricité. La compagnie sucrière est dans la plupart des cas actionnaire de la société de projet, ce qui lui permet de diversifier ses activités.

## ***La place de l'innovation***

Dans cette activité, l'innovation est très présente. Les chaudières haute performance que nous utilisons permettent de maximiser la quantité d'énergie produite par la bagasse. L'utilisation d'un deuxième combustible assure le fonctionnement de l'installation tout au long de l'année, ce qui est important pour atteindre un prix de revient compétitif. La possibilité de changer de combustible sans modifier le régime de marche permet de fournir l'électricité en continu. Le double système de dépoussiérage minimise la pollution atmosphérique. Le schéma contractuel permet de bien séparer les activités sucrières des activités de production d'énergie.

## ***La centrale de Bellevue (Ile Maurice)***

La centrale de Bellevue a été mise en service en 2000 et comprend deux tranches de 35 MW. Elle produit 20 % de l'électricité de l'île Maurice, soit 350 millions de kW/h par an, dont 100 à partir de la combustion de la bagasse. Il s'agit bien sûr de l'électricité exportée, c'est-à-dire produite en plus de celle qui est utilisée par la sucrerie. Le coût de la construction s'est élevé à 80 millions d'euros. Cette centrale constitue le plus gros projet privé jamais réalisé à Maurice. Elle a été financée à 80 % par emprunt bancaire et à 20 % par les fonds propres des actionnaires. Dans la partie fonds propre, le propriétaire de la sucrerie détient 51 %, une coopérative de planteurs 14 %, l'Etat

mauricien 8 % et nous-mêmes 27 %. Le FFEM nous a apporté des financements pour le transfert de technologie, à travers un don qui a servi en particulier à former les jeunes Mauriciens que nous avons embauchés. Ils ont effectué un stage de six mois dans les centrales de la Guadeloupe et de La Réunion afin de pouvoir assurer le démarrage de la centrale de Bellevue.

### ***Perspectives pour la Chine***

D'un point de vue théorique, avec les 18 millions de tonnes de bagasse produites en Chine, il serait possible de fournir 5 400 GW/h, ce qui serait considérable. En réalité, le montage d'un projet ne peut se faire sans une étude de faisabilité technique qui passe par l'analyse de la sucrerie, de ses besoins énergétiques, de la possibilité d'évacuer l'énergie produite, de la disponibilité foncière à côté de la sucrerie et enfin de la faisabilité économique. Un des freins au développement de ces projets est l'environnement général dans lequel se fait la culture de la canne. Nous avons failli construire une centrale de 60 MW aux îles Fidji, projet sur lequel nous avons travaillé pendant trois ans, mais un coup d'Etat a éclaté et le projet a été reporté *sine die*. La stabilité de l'environnement socio-politique et la visibilité à long terme sont un élément crucial, ainsi que la possibilité de signer des contrats répondant aux normes internationales.

# Des outils financiers pour une haute qualité énergétique en Chine

## 8

### 8.1. Le financement des projets de maîtrise de l'énergie

**Liu Yazhong**, ICE

Après le premier choc pétrolier, la France, comme un grand nombre de pays, a commencé à mettre au point des mécanismes de financement pour des projets de maîtrise de l'énergie. Ces financements publics ont peu à peu été repris en charge par le marché. En France, on considère qu'il existe cinq ressources énergétiques : le charbon, le pétrole, le gaz naturel, le nucléaire et la maîtrise de l'énergie (énergies renouvelables et économies d'énergie). Dans les années 1960, la dépendance énergétique de la France était de 70 %. A la suite des deux chocs pétroliers de 1973 et 1979, la France adopte une nouvelle politique énergétique, qu'on peut décrire à l'aide de l'expression chinoise « marcher sur les deux jambes » : tout en développant la filière nucléaire, elle s'est attaquée sérieusement aux économies d'énergie. A la fin des années 1980, sa dépendance énergétique était revenue à 50 %. Compte tenu du coût de construction des centrales nucléaires, on peut faire l'hypothèse que les économies d'énergie sont un moyen plus rentable de limiter la dépense et la dépendance énergétique.

91

#### ***Exploitation de la ressource d'économies d'énergie***

Contrairement aux autres ressources énergétiques, la ressource d'économies d'énergie se trouve dans tous les secteurs de consommation. L'exploitation de cette

ressource a pour conditions préalables l'élaboration d'une politique et la mise en œuvre des outils et des mécanismes spécifiques. Par exemple, dans l'industrie, il faut commencer par un audit énergétique pour identifier la réserve et sa disponibilité dans les années à venir. On passe ensuite aux études technico-économiques pour justifier le potentiel économiquement exploitable. Les entreprises peuvent bénéficier d'un soutien financier accordé par l'ADEME à hauteur de 50 % du coût de ces études. Cette mesure, appelée « Aide à la décision », est très efficace pour inciter les chefs d'entreprises à réaliser des investissements en faveur des économies d'énergie. En principe, l'ADEME se retire peu à peu du financement et le relais peut être pris par des mécanismes de marché. Mais l'ADEME peut accompagner les entreprises jusqu'à la diffusion des technologies s'il s'agit de solutions innovantes.

Une première difficulté pour monter des projets d'économies d'énergie tient à la grande diversité des secteurs concernés. De plus, un grand nombre de ces projets réclament souvent des investissements relativement peu importants, allant de quelques dizaines à des milliers d'euros. Lors du montage de projets d'investissement, les entreprises sont prêtes à investir pour améliorer leur productivité mais n'ont pas encore suffisamment conscience de l'avantage économique de ce type d'investissement. Les banques elles-mêmes ne sont pas toujours convaincues de l'intérêt de ces démarches par manque de moyens et de capacité d'évaluation de remboursement du projet.

Une deuxième difficulté tient à ce que les entreprises n'ont pas suffisamment accès aux technologies les plus efficaces et les plus adaptées en absence d'un corps professionnel. Là encore, l'apport de fonds publics peut orienter l'entreprise et lui montrer la voie. En 1973 et 1979, lors des deux premiers chocs pétroliers, les pays de l'OCDE ont mis en place des mécanismes financiers spécifiques. Peu à peu, ceux-ci se sont étendus aux pays en transition d'Europe de l'Est et à certains pays émergents d'Asie ou du Maghreb, sur le principe suivant : les pouvoirs publics accordent le financement et lorsque les industriels obtiennent les résultats attendus, ils remboursent les fonds. Il existe d'autres solutions : des taxes peuvent être prélevées sur la vente d'énergie pour alimenter des fonds. On peut également concevoir des politiques fiscales incitatives, par exemple des avantages fiscaux qui permettent d'accélérer l'amortissement, ou encore une exonération partielle d'impôt lorsque l'entreprise a réalisé ce type d'investissement. Les pouvoirs publics peuvent aussi moduler la TVA appliquée à différents secteurs : par exemple, les plans de financement pour les

matériaux de construction permettant d'améliorer l'efficacité énergétique peuvent être assortis d'une diminution d'impôts. En France, il existe aussi le crédit d'impôt, généralement destiné aux individus : ceux-ci commencent par réaliser leurs travaux d'efficacité énergétique, puis déclarent le montant des travaux, ce qui leur donne droit à une exemption partielle d'impôt. Lorsque les personnes ne sont pas imposables, elles reçoivent un chèque correspondant à la réduction d'impôt accordée aux personnes imposables.

### ***Mettre en place des « fonds renouvelables »***

Le recours aux fonds publics présente deux inconvénients. Le premier est que l'État n'est pas forcément toujours à même d'offrir les fonds nécessaires, et il faut donc réfléchir à la façon de mobiliser des capitaux privés. Diverses solutions existent. En France, on a vu apparaître des fonds de garantie permettant d'accéder aux crédits bancaires pour des investissements d'efficacité énergétique. Des solutions de leasing peuvent également être envisagées : plutôt que de réaliser en une fois un investissement important, l'entreprise loue les équipements d'économie en énergie dont elle a besoin ; au bout d'un certain temps, ces équipements deviennent la propriété de l'entreprise. Les partenariats publics-privés sont de plus en plus courants dans les projets de gestion énergétique. Lors de la réunification de l'Allemagne, la ville de Berlin n'avait plus de ressources pour financer des projets d'amélioration énergétique dans ses bâtiments publics. Elle a recouru à un fonds privé pour réaliser les travaux par un système de tiers payant et en contrepartie a concédé à ce fonds un droit d'exploitation en concession.

93

En Thaïlande, il existe un fonds roulant qui permet d'obtenir des prêts particulièrement intéressants, de même qu'en Corée. Ces fonds servent spécifiquement à financer des projets d'efficacité avec un temps de retour relativement court. Ils se reconstituent grâce aux remboursements et aux intérêts et permettent de financer de nouveaux projets. Ces fonds sont au départ publics, puis mixtes, et finalement totalement privés.

Des fonds publics / privés ont été créés à l'intention des pays émergents, avec l'objectif d'améliorer l'efficacité énergétique dans le cadre d'une politique de développement durable de long terme. Ils peuvent prendre des formes très variées, demandent une implication forte de l'investisseur et de l'opérateur, et concernent des

projets rentables à terme. Ces fonds sont récents mais se développent à une vitesse remarquable et portent sur un nombre croissant d'activités. Y participent la Banque mondiale, la Banque asiatique de développement, la Banque Européenne pour la Reconstitution et du Développement (Berd), la KfW allemande, Proparco en France.

Le deuxième inconvénient des fonds publics est que les bailleurs ne sont pas toujours certains de financer les bons projets. Pour améliorer leur efficacité, trente ans d'expérience montrent que la solution consiste à mieux intégrer les aspects techniques et financiers. Actuellement, les techniciens et les financiers travaillent souvent chacun de leur côté. Or dans les projets d'efficacité énergétique, quel que soit le modèle d'investissement que l'on veut réaliser, l'important est de bien connaître la réalité locale et d'être en mesure d'adapter le système de financement.

### 8.2. Les outils français d'aide commerciale aux investissements d'efficacité énergétique

**Thibaut Fabre**, conseiller commercial au Consulat général de France à Chengdu

L'aide publique française comprend deux volets, une aide commerciale et une aide déliée. Je vais vous présenter les outils financiers d'aide commerciale : la RPE (Réserve pays émergents) et le FASEP (Fonds d'étude et d'aide pour le secteur privé).

#### **La RPE**

La RPE est un outil de financement de projet dont les taux sont très favorables par rapport aux taux de marché internationaux. Il s'agit d'un prêt intergouvernemental régi par les règles de l'OCDE. Les projets concernés ont pour caractéristique de ne pas être viables commercialement, au sens où l'entend l'OCDE, c'est-à-dire que des cash-flows ne peuvent être espérés avant dix ans. La RPE vient pallier cette absence de rentabilité à court et moyen terme.

L'ensemble des secteurs d'activité sont éligibles à la RPE (transports, environnement...), à l'exclusion de celui de la Défense. Depuis 2000, les projets financés par la RPE à travers le monde ont concerné essentiellement les transports (62 %

des engagements de la France), l'eau et l'environnement (21 %), la santé et les services (12 %), les questions énergétiques (3 %), l'agroalimentaire (2 %).

L'interlocuteur de l'Etat français est le ministère chinois des Finances, mais celui-ci peut être lui-même sollicité par des DRC provinciales. Un accord cadre a été signé entre la Chine et la France en 2004 et a permis de définir les règles du jeu de cet outil en Chine ; en particulier, la passation des marchés se fait selon les procédures en vigueur en Chine. Les interventions dans le secteur des transports et de l'environnement ne peuvent concerner des projets inférieurs à 6 millions d'euros. Pour les secteurs de la santé, de l'agriculture, de l'énergie propre, de l'éducation, les montants doivent être compris entre 2 et 6 millions d'euros. Les dossiers sont présentés par la Direction générale du Trésor et de la politique économique (DGTPPE) au comité interministériel d'examen des projets, qui se réunit environ huit fois par an.

La RPE est une aide liée, c'est-à-dire qu'une partie de l'offre doit émaner d'entreprises françaises. La ventilation des fonds doit en principe être la suivante : 70 % pour des équipements français, 15 % de parts locales, 15 % de parts étrangères. A noter également que pour la part réservée à la fourniture française, plusieurs entreprises françaises peuvent être mises en concurrence : c'est la partie chinoise qui émet les appels d'offre en direction des entreprises françaises et décide des partenaires avec lesquels elle va finalement travailler. Les conditions financières proposées pour le crédit respectent les recommandations de l'OCDE et à ce titre permettent un élément don de 35 % (c'est-à-dire approximativement une réduction de 35 % du coût de crédit par rapport à un crédit commercial).

Voici quelques exemples de projets financés par la RPE dans la région du Sichuan. Le premier est un projet d'un montant de 9,5 millions d'euros destiné à financer des véhicules de secours et de lutte contre les incendies pour quatre villes du Sichuan. L'accord de principe a été entériné par les parties française et chinoise, et le protocole d'accord est en cours d'instruction. Autre projet, un engagement de 150 millions d'euros pour des investissements sur la ligne ferroviaire de Shitai. Enfin, à Chongqing, la RPE a servi à financer du matériel hospitalier pour un montant de 4 millions d'euros. Au total, depuis 1998, 555 millions d'euros ont été prêtés à travers la RPE pour des projets chinois et ceux-ci représentent actuellement 40 % des engagements mondiaux de l'Etat français.

### **Le FASEP**

Il s'agit cette fois de dons de l'Etat français, destinés le plus souvent à financer des études de faisabilité ou de l'assistance technique. Voici quelques exemples d'interventions : des études de faisabilité pour une usine d'incinération à Canton ; une assistance technique et de la coopération institutionnelle pour des constructions selon les normes HQE (haute qualité environnementale) ; la réalisation d'études préparatoires pour des projets d'aménagement financés en Chine par la Banque mondiale.

Les projets sont sélectionnés sur trois critères : ils doivent répondre à une demande du pays ; ils doivent être cohérents avec les priorités de développement de ce pays ; les perspectives de financement sous-jacentes au projet doivent être crédibles. Les prestations intellectuelles sont obligatoirement réalisées par une société française, avec possibilité d'y associer une entreprise locale à hauteur de 10 % du montant total de l'étude. Il s'agit d'un outil très souple, facile à mobiliser, dont l'instruction ne demande qu'un délai de deux mois. Le montant maximum de financement est de 750 000 dollars et les provinces ont la possibilité de demander directement à bénéficier d'une aide du FASEP.

### **8.3. Les outils financiers proposés par l'AFD**

**Christophe Richard**, chargé de mission à l'AFD

L'AFD dispose d'une large gamme de produits financiers qui peuvent être déclinés de la manière suivante : financements directs de projets ; financements de programmes ; lignes de crédit ; garanties. Chaque intervention s'appuie sur une évaluation complète du projet, à la fois financière, économique, technique, mais aussi sociale et environnementale. Par exemple, sur un projet d'éoliennes, nous devons vérifier que la DRC locale dispose d'une programmation dans ce domaine, que l'inventaire et les capacités des champs éoliens repérés sont validés, que les critères classiques de faisabilité sont respectés et que l'exploitation sera durable. Nous intervenons dans le respect de la maîtrise d'ouvrage nationale. Celle-ci prépare les éléments du dossier d'appels d'offre, passe ces appels d'offre, analyse les réponses. Nous travaillons en partenariat avec elle, mais elle conserve l'entière responsabilité de la mise en œuvre

du programme, comme dans une relation classique avec un banquier. Les outils de financement de l'AFD sont déliés depuis 2002, ce qui signifie que les aides proposées ne sont pas liées à la fourniture de biens et services français.

### **Critères**

En Chine, nos crédits sont accordés sur la base de deux critères. Les projets doivent tout d'abord concerner des problématiques d'intérêt commun pour la France et pour la Chine. Par exemple, nous estimons que l'efficacité énergétique et la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre intéressent nos deux pays, car elles contribuent à protéger l'ensemble de la planète. En revanche, nous avons écarté des demandes concernant des projets de lutte contre des pollutions locales, qui intéressent seulement la Chine. Deuxième critère, la part de concessionnalité de nos financements doit être justifiée : seuls des projets ou des composantes de projets qu'une rentabilité financière trop faible risquerait de compromettre nécessitent une incitation.

### **Objectif de la coopération et secteurs concernés**

La mise en œuvre de ces prêts a été négociée avec le gouvernement chinois au travers d'un accord cadre signé avec le ministère des Finances en octobre 2004. L'objectif fixé par le gouvernement chinois est la réduction des gaz à effet de serre, ce qui passe par le renforcement de l'efficacité énergétique, le développement des énergies renouvelables, la régulation de la demande.

Les secteurs concernés sont les suivants : production d'électricité renouvelable (mini-hydraulique, biogaz, biomasse, éolien, solaire, géothermie) ; amélioration des rendements énergétiques (co-génération, efficacité énergétique dans l'habitat ou dans l'industrie) ; optimisation de la gestion de l'énergie dans les transports, notamment à travers les schémas d'aménagement urbain ou dans les chemins de fer. A noter que dans le secteur industriel, il n'existe pas de critère lié à des domaines d'activité : le principal critère pris en compte est celui de l'efficacité énergétique.

Lors de l'évaluation d'un projet, nous commençons par analyser s'il est économiquement viable. Les projets doivent également justifier la part d'incitation que représente la concessionnalité, notamment au plan de la rentabilité financière. Dans nos

montages financiers, nous privilégions les cofinancements franco-chinois. Nous souhaitons adopter des « approches programme » qui nous donnent une lisibilité au niveau national ou provincial. Nos engagements en Chine étant de l'ordre de 150 millions d'euros annuels, nous recherchons la plus grande efficacité financière possible et pour cela nous souhaitons impulser une dynamique qui aille au-delà d'une contribution qui se limiterait à compléter un plan de financement.

### ***Des conditions financières concessionnelles***

La concessionnalité de nos prêts se traduit à la fois par leur taux bonifié, une durée allongée jusqu'à 17 ans et un différé jusqu'à 8 ans. Les bonifications sont calculées en fonction de la rentabilité économique et financière du projet, du niveau de risque et du facteur d'incitation qu'il présente : il y a donc plusieurs niveaux de concessionnalité.

A partir de ces critères, nous proposons trois types de prêts souverains, c'est-à-dire accordés à l'Etat ou recevant son aval et garantis par sa signature. L'AFD peut également proposer des prêts non souverains, c'est-à-dire consentis à des entreprises ou à des banques sans l'aval de l'Etat, ce qui suppose de procéder au préalable à une analyse du risque et de sa couverture. A noter qu'à l'heure actuelle, nous n'avons pas encore accordé de prêts non souverains, car cela nécessite de poursuivre les discussions sur leurs montages juridiques et institutionnels.

Les taux des trois produits souverains varient en fonction de l'incitation et de la rentabilité financière que nous recherchons. Notre produit souverain le plus avantageux est accordé au taux Euribor – 1 %. Ce taux est variable pendant la durée des décaissements ; il est consolidé à taux fixe à la fin des décaissements, moment à partir duquel se calcule le coût final de l'opération. C'est également la fin des décaissements qui sert de départ au calcul de la durée du prêt (au maximum 17 ans) et du différé (au maximum 8 ans).

Voici un exemple concret. Nous avons accordé en 2003 un prêt sur 15 ans, au taux Euribor – 1 %, avec un différé de cinq ans. Le taux de référence, calculé au moment de la signature de la convention, était de 3,3 %. Notre mécanisme d'indexation sur la courbe des taux de marché à long terme (obligations d'Etat) permettrait de ramener ce taux à 2,94 % si ce prêt était consolidé aujourd'hui.

Les prêts non souverains de l'AFD, qui ne sont pas encore effectifs en Chine, sont proposés à des taux plus élevés : le plus cher étant accordé au taux Euribor + 2 %, ce qui nous permet de provisionner des fonds pour la couverture du risque. Les taux varient en fonction du niveau de risque que nous prenons et sont aussi liés au fait que nous ne pouvons pas fausser la concurrence. Par exemple, un projet industriel peut être rentable et présenter d'excellentes performances au plan de l'efficacité énergétique, mais l'entreprise peut être en concurrence avec d'autres sociétés. Dans ce cas, nous proposerons un taux proche du marché, la maturité et le délai de grâce étant adaptés à la nature de l'investissement.

Dans l'immédiat, des financements peuvent être apportés via des lignes bancaires garanties par l'Etat. Celles-ci permettent d'utiliser l'élément don pour couvrir le risque des banques et le risque de change, mais aussi d'inciter au financement de plusieurs entreprises, en démultipliant l'action.

### **8.4. Les projets d'intermédiation bancaire de l'AFD**

**Eric J. F. Francoz**, chef de projet à l'AFD

Le secteur industriel qui concentre la plus grande partie de la consommation d'énergie en Chine est composé d'entreprises assez peu capitalisées. Lorsqu'elles cherchent des ressources pour réaliser des investissements, elles doivent se tourner vers les banques. Par ailleurs, le défi que représente la maîtrise de l'énergie dans ce pays impose de travailler à une échelle beaucoup plus importante que ce que peuvent offrir les ressources de l'Etat, même lorsqu'elles sont complétées par les investissements étrangers. Pour ces deux raisons, le rôle des banques chinoises, et notamment des banques commerciales, apparaît essentiel dans le financement des projets de maîtrise de l'énergie des petites et moyennes entreprises.

Pour accéder au crédit, ces projets jouissent de deux atouts. D'une part, ils appartiennent à un secteur intrinsèquement capable de dégager un excédent brut d'exploitation, contrairement, par exemple, aux secteurs de l'éducation ou de la santé. D'autre part, le prix croissant de l'énergie permet de financer de nombreux projets d'efficacité énergétique grâce aux gains énergétiques réalisés. Malgré cela, le

financement des investissements dans l'efficacité énergétique par les banques demeure très insuffisant, d'où les projets d'intermédiation bancaire de l'AFD.

### ***Les avantages de l'intermédiation***

Le fait de passer par les banques commerciales permet aux bailleurs de toucher des projets de plus petite taille que ceux qu'ils peuvent financer directement. Pour une agence de développement, en effet, les projets de taille limitée sont considérés comme trop consommateurs de temps et non prioritaires. Les banques commerciales, grâce à leur réseau, peuvent atteindre les PME et notamment les entreprises industrielles rurales, qui constituent une grande partie du tissu industriel chinois. Pour un bailleur, l'intérêt est d'accéder à des gisements d'efficacité énergétique encore largement inexploités.

Le deuxième intérêt est de pouvoir constituer, au sein des banques, des équipes qui deviendront expertes de ces questions et pourront favoriser, à terme, le financement de ces projets sur ressources de marché. Actuellement, en effet, la plupart des projets d'efficacité énergétique offrent une rentabilité avérée, mais les banques n'ont pas une culture suffisante dans ce domaine. L'efficacité énergétique concerne des secteurs, des techniques et des sciences très divers, depuis l'efficacité des moteurs jusqu'à l'isolation des bâtiments, et peu de banques disposent en interne d'un savoir technique qui leur permette d'analyser correctement tous les projets. Il est donc nécessaire de les aider à développer cette compétence, afin qu'elles puissent de poursuivre la démarche sur leurs ressources propres.

Troisième avantage, les banques sont capables d'analyser le risque de crédit. Il ne sert à rien de réaliser des investissements d'efficacité énergétique dans des entreprises en mauvaise santé, qui feront faillite deux ou trois ans plus tard. Grâce à la connaissance que les banques ont de leurs clients, elles peuvent identifier les entreprises saines, dans lesquelles les investissements d'efficacité énergétique auront un impact durable.

### ***Les conditions de l'intermédiation***

Pour réaliser cette intermédiation, l'AFD peut par exemple fournir un crédit de 20 millions d'euros sur 12 à 15 ans qui sera utilisé par la banque et repêché aux entreprises

sur des périodes plus courtes, de sorte que ce capital sera utilisé trois ou quatre fois pendant la durée de vie du prêt. Il pourra ainsi servir à financer des projets pour un montant total de 60 ou même 80 millions d'euros. Les taux devront être souples pour l'emprunteur final, car le risque pris par la banque varie en fonction de la typologie de l'emprunteur et de la maturité du crédit.

Le transfert du savoir-faire technique aux banques se fait à travers une assistance technique pour l'analyse des projets.

En Chine, nous définissons un programme de trois lignes de 20 millions d'euros sur 12 ans, qui seront attribuées à trois banques différentes, Huaxia Bank, Shanghai Pudong Development Bank et China Merchants Bank. Ces lignes pourront éventuellement être renouvelées sur deux ou trois ans, mais l'objectif est qu'à terme les banques offrent ces prêts sur leurs ressources propres, lorsqu'elles auront pu mesurer la rentabilité de cette activité. Pour les aider à capitaliser le savoir-faire technique, ces crédits seront couplés à une assistance technique destinée à permettre aux équipes d'analyser les différents projets avec la plus grande pertinence possible. Nos prêts seront réalisés en euros et les banques accorderont leurs crédits à l'emprunteur final en RMB yuan. L'éligibilité des dossiers sera liée à l'efficacité énergétique des investissements réalisés. Les projets visés seront de petite taille, de l'ordre de 600 000 euros. L'objectif est de privilégier les petits projets difficiles à financer, plutôt que d'utiliser rapidement l'ensemble des montants sur de gros projets pluriannuels, pour lesquels des financements directs peuvent être envisagés.

### ***L'expérience déjà acquise***

L'AFD utilise déjà le dispositif des lignes bancaires intermédiées dans d'autres pays, comme en Thaïlande, et dans des secteurs autres que l'efficacité énergétique, par exemple en Turquie pour soutenir de petites et moyennes entreprises. Jusqu'à présent, les résultats s'avèrent extrêmement positifs, avec une réelle appropriation du savoir-faire par les équipes bancaires. En Thaïlande, par exemple, les équipes qui avaient été créées, à l'origine, pour utiliser les prêts bonifiés du gouvernement thaïlandais, ont acquis une grande connaissance de l'efficacité énergétique et aujourd'hui leur activité repose largement sur les ressources propres de la banque. Pour 1 euro de crédits bonifiés, elles gèrent 10 euros de crédits commerciaux. De plus, leurs agents ne

proposent plus de prêts à 1 ou 2 % comme au début, mais des prêts aux conditions du marché. La rentabilité de ces démarches d'efficacité énergétique est telle que le secteur connaît un très fort développement.

---

# Conclusion

---

## **Alain Henry**

Directeur du département Infrastructures à l'AFD

Ce séminaire nous a offert une exceptionnelle occasion d'illustrer les enjeux de l'efficacité énergétique, de mieux comprendre nos possibilités de coopération et de resserrer les liens entre nous. Rappelons que notre rencontre s'inscrivait dans l'objectif de maîtrise de la consommation d'énergie que la Chine s'est fixé dans le cadre du XI<sup>ème</sup> quinquennat, et qui en est l'une des priorités. La Chine connaît un taux de croissance soutenu ; elle a décidé d'opter pour un développement harmonieux, c'est-à-dire un développement qui ait un impact positif sur l'environnement mondial tout en améliorant la qualité de vie de ses citoyens. Nous avons évoqué la situation actuelle, les mesures déjà adoptées et les difficultés qui demeurent.

Plusieurs intervenants ont souligné la nécessité de mener des politiques plus volontaristes et incitatives. Le recours aux capitaux étrangers peut être un moyen de faciliter des investissements de haute qualité énergétique qui tirent mieux parti du potentiel ou bien des investissements dont la rentabilité est différée. Les possibilités concernent de nombreux domaines. Ce séminaire a été l'occasion d'en passer quelques exemples en revue.

L'efficacité énergétique s'impose dans la programmation urbaine dès la conception des plans d'urbanisme, dans la lutte contre l'étalement des villes, dans l'organisation

multimodale des transports et jusque dans la réglementation des parkings de stationnement. Elle concerne aussi la qualité des immeubles résidentiels et tertiaires ou encore la réhabilitation de l'habitat ancien. Nous avons vu l'intérêt de financer les « néga-joules » (c'est-à-dire des joules économisés), qui sont toujours moins visibles mais permettent souvent des économies plus substantielles ; les ESCO apportent dans ce domaine des services indispensables. La production d'énergie constitue aussi un vaste champ avec les énergies renouvelables – éolien, amélioration de la petite hydraulique, biomasse, géothermie – mais aussi la production d'énergie efficace avec la cogénération.

Dans tous les domaines, nous avons vu l'importance d'agir en amont, au niveau du diagnostic et de la planification, et aussi en aval, sur les changements de comportement et la sensibilisation des populations. D'où la nécessité d'intégrer les projets dans l'économie de leur secteur et de mettre en œuvre des mesures tarifaires. D'où la nécessité aussi de la formation et de l'information à tous les niveaux.

Face à cette diversité des besoins, l'AFD et l'aide commerciale française présentent des solutions variées pour financer la programmation et les investissements en faveur de la haute qualité énergétique. Nous espérons financer progressivement des projets dans tous les domaines évoqués au cours de ce séminaire. Certains secteurs, plus faciles à appréhender, font déjà l'objet de premiers projets, comme la cogénération, l'électrification du réseau ferré, la programmation urbaine ou la petite hydroélectricité. Nous espérons pouvoir prochainement intervenir dans des secteurs comme les lignes de crédit, l'amélioration de l'habitat, ou encore la production d'électricité par éolienne ou par la biomasse.

Nous avons aussi mieux compris les priorités de la NDRC et nous avons pu nouer le dialogue avec les DRC des provinces représentées. Nous avons pu préciser les processus d'évaluation et les critères d'éligibilité des programmes au financement par l'AFD. Les programmes que nous finançons doivent avoir naturellement un fort impact d'efficacité énergétique, comporter un aspect de transfert de savoir-faire, s'intégrer dans la programmation énergétique des DRC des provinces, et jouer localement un rôle d'entraînement dans leur secteur. Au-delà de ces principes, ils doivent offrir une bonne rentabilité économique mais une rentabilité financière plus modeste, qui soit en relation avec le taux concessionnel de nos financements.

Nous envisageons également d'utiliser de nouveaux montages financiers. Ce que nous appelons « l'approche programme » permet de financer des ensembles d'investissements sur la base de critères, fixés à l'avance avec la partie chinoise, évitant d'entrer ensuite dans le détail de la faisabilité de chaque projet. Elle peut être mise en œuvre soit au niveau national, soit au niveau provincial, par exemple pour les investissements dans les chemins de fer, ou pour des programmes de petite hydroélectricité ou de biomasse. Une autre innovation concerne l'intermédiation bancaire, qui a un effet démultiplicateur indispensable pour atteindre les nombreux investissements de petite taille disséminés dans l'économie. Cette approche permet également de créer des compétences et des habitudes qui faciliteront la prise de relais par les mécanismes de marché.

Nous allons améliorer notre coordination avec les processus de décision en vigueur en Chine pour la bonne utilisation des capitaux étrangers. Du côté chinois, les priorités doivent être définies au préalable et les projets doivent s'intégrer dans la programmation des DRC et des BoF (*Bureau of Finance*).

Pour conclure, je voudrais remercier tous les acteurs qui ont dépensé leur énergie pour la réussite de ce séminaire : en premier lieu, tous les experts chinois et français qui nous ont présenté l'état de leurs connaissances et leurs propositions ; la DRC du Sichuan, qui a eu la gentillesse de nous accueillir et a contribué à l'organisation de ce séminaire ; la NDRC et particulièrement sa directrice, Madame Liu Xuhong, qui est à l'initiative de ce séminaire et nous a apporté son soutien pendant toute la préparation et durant nos débats ; nos collègues du bureau de l'Agence Française de Développement à Pékin ; le Centre de formation franco-chinois aux métiers de l'énergie qui a réglé tous les détails de l'organisation et fait en sorte que tout se passe bien. Je voudrais également remercier mon collègue Christian de Gromard, spécialiste de la haute qualité énergétique qui, avec l'aide de Liu Yazhong, a su convaincre les experts de venir présenter des sujets originaux ; sans oublier enfin les trois interprètes qui ont traduit sans discontinuer l'ensemble de nos débats.



# Liste des sigles

ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
AFD	Agence Française de Développement
DRC	Development Reform Commission (Provinces)
ESCO	Energy Service Companies (tiers investisseurs en matière d'énergie)
FASEP	Fonds d'étude et d'aide pour le secteur privé
FEM	Fonds pour l'environnement mondial
FFEM	Fonds français d'environnement mondial
HQEn	Haute qualité énergétique (= maîtrise de l'énergie)
NDRC	National Development and Reform Commission
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
RPE	Réserve pays émergents



# Liste des intervenants

<b>Breton Hervé,</b>	Expert AFD
<b>Chen Jianping,</b>	Directeur général de CIAT Chine
<b>Crépon Olivier,</b>	Chef de projet à ISL (Bureau d'ingénieurs conseils)
<b>Dai Yande,</b>	Directeur adjoint de l'Institut de recherche sur l'énergie de la NDRC
<b>de Gromard Christian,</b>	Expert des questions d'efficacité énergétique à l'AFD
<b>Decrop Louis Thornald,</b>	Séchilienne-SIDEC
<b>Delcroix Jean,</b>	SARECO
<b>Devillier Thierry,</b>	Directeur du Centre de formation franco-chinois aux métiers de l'énergie
<b>Dumasy Jacques,</b>	Consul général de France à Chengdu
<b>Fabre Thibaut,</b>	Conseiller commercial au consulat général de France à Chengdu
<b>Francoz Eric J. F.,</b>	Chef de projet AFD
<b>Gerbeaux Jean-Marie,</b>	Directeur du développement durable SNCF
<b>Hamelin Michel,</b>	Département international de l'ADEME
<b>Henry Alain,</b>	Directeur du département infrastructures de l'AFD
<b>Irigoin Michel,</b>	Directeur de l'Énergie et des moyens techniques de la municipalité de Montpellier
<b>Li Guohui,</b>	Chef de service des financements étrangers bilatéraux
<b>Li Junfeng,</b>	Secrétaire général du CREIA (China Renewable Energy Industries Association)
<b>Li Yaping,</b>	Directeur général adjoint de la DRC (Development Reform Commission) du Sichuan
<b>Liu Xuhong,</b>	Directrice générale adjointe du département des capitaux étrangers de la NDRC

<b>Liu Yazhong,</b>	ICE
<b>Lopez José,</b>	Directeur d'International Conseil Energie
<b>Lü Wenbin,</b>	Directeur de l'environnement à la NDRC
<b>Mezghani Mohamed,</b>	Union internationale des transports publics (UITP)
<b>Mulet Jean-Charles,</b>	Bertin Technologies – Directeur du département Energie Process Environnement
<b>Pan Jun,</b>	Département des capitaux étrangers de la NDRC
<b>Plazy Jean-Louis,</b>	ADEME
<b>Raoust Michel,</b>	Expert énergétique du Fonds français d'environnement mondial (FFEM)
<b>Richard Christophe,</b>	Chargé de mission à l'AFD
<b>Tournaye Dominique,</b>	CFG (Compagnie française de géothermie)
<b>Zhou Huang,</b>	Directeur des affaires énergétiques de la NDRC

# Publications

Les titres de la collection Notes et Documents  
sont disponibles sur le site Internet de l'AFD

*All volumes of the Notes and Documents  
series are available on line at:*

**[www.afd.fr](http://www.afd.fr), Publications**

- N° 1 :** Compétitivité et mise à niveau des entreprises (2003)
- N° 2 :** Multinationales et développement : le rôle des politiques nationales (2003)
- N° 3 :** Lutte contre l'effet de serre : enjeux et débats (2003)
- N° 4 :** Comment financer durablement les aires protégées à Madagascar ? (2003)
- N° 5 :** Agriculture et commerce : quels enjeux pour l'aide au développement ? (2003)
- N° 6 :** Efficacité et allocation de l'aide : revue des débats (2005)
- N° 7 :** Qui mérite l'aide ? Égalité des chances *versus* sélectivité (2004)
- N° 8 :** Le Cambodge : de l'ère des quotas textiles au libre-échange (2004)  
*Life after Quotas: A Case Study of the Cambodian Textile Industry (2005)*
- N° 9 :** La Turquie : panorama et répartition régionale du secteur productif (2004)  
*Turkey: Overview of the Economic Productive Sector and Regional Spread of the SMEs (2005)*

- N° 10 :** *Poverty, Inequality and Growth, Proceedings of the AFD-EUDN Conference 2003* (2004)
- N° 11 :** *Foreign Direct Investment in Developing Countries: Leveraging the Role of Multinationals* (2004)
- N° 12 :** Libre-échange euro-méditerranéen : premier bilan au Maroc et en Tunisie (2005)
- N° 13 :** Les Mécanismes de financement de la formation professionnelle : une comparaison Europe – Afrique (2005)  
*Financing Vocational Training: a Europe-Africa Comparison* (2005)
- N° 14 :** Les Mécanismes de la formation professionnelle : Algérie, Maroc, Tunisie, Sénégal (2005)
- N° 15 :** Les Mécanismes de la formation professionnelle : Allemagne, Espagne, France, Royaume-Uni (2005)
- N° 16 :** Le Textile-habillement tunisien et le défi de la libéralisation : quel rôle pour l'investissement direct étranger ? (2005)
- N° 17 :** Poulina, un management tunisien (2005)
- N° 18 :** Les programmes de mise à niveau des entreprises : Tunisie, Maroc, Sénégal (2005)
- N° 19 :** Analyser l'impact d'un projet de microfinance : l'exemple d'AdéFI à Madagascar (2005)
- N° 20 :** Précis de réglementation de la microfinance, tome I (2005)
- N° 21 :** Précis de réglementation de la microfinance, tome II (2005)
- N° 22 :** *Development Aid: Why and How? Towards Strategies for Effectiveness* (2005)

- N° 23 :** Libéralisation des services de télécommunication au Maghreb : transition institutionnelle et performances (2005)
- N° 24 :** Financer les investissements des villes des pays en développement (2005)  
*Financing Municipal Investments in Developing Countries (2006)*
- N° 25 :** Les exportations de services de santé des pays en développement : le cas tunisien (2005)
- N° 26 :** La micro-assurance de santé dans les pays à faible revenu (2005)
- N° 27 :** Le droit à l'eau dans les législations nationales (2006)  
*The Right to Water in National Legislations (2006)*
- N° 28 :** Croissance et réformes dans les pays arabes méditerranéens (2006)  
*Growth and Reform in Mediterranean Arab Countries (2007)*
- N° 29 :** *Financing Development: what are the Challenges in Expanding Aid Flows? (2006)*
- N° 30 :** Amartya Sen : un économiste du développement ? (2006)
- N° 31 :** Inégalités et équité en Afrique (2006)  
*Inequalities and Equity in Africa (2007)*
- N° 32 :** La croissance pro-pauvres au Mali (2007)
- N° 33 :** La formation professionnelle en secteur informel (2007)  
*Vocational Training in the Informal Sector (forthcoming) (2007)*
- N° 34 :** La reconnaissance officielle du droit à l'eau en France et à l'international (2007)
- N° 35 :** *Migration and Development: Mutual Benefits? Proceedings of the 4th AFD-EUDN Conference, 2006 (2007)*
- N° 36 :** *Successful Companies in the Developing World (2007)*

**N° 37 :** Débats sur l'efficacité de l'aide : fondements et nouveaux enjeux (2007)

**N° 38 :** *Migration in post-apartheid South Africa Challenges and questions to policy-makers (2008)*

# Qu'est-ce que l'AFD ?

L'Agence Française de Développement (AFD) est l'un des piliers du système français d'aide publique au développement (APD), conjointement avec le ministère des Affaires étrangères et le ministère des Finances (Trésor). Depuis sa création en 1941, elle contribue au développement de plus de 80 pays ainsi qu'à la promotion des territoires français d'outremer. En tant qu'institution financière, l'AFD soutient des projets économiques, sociaux et environnementaux, grâce à un choix d'instruments allant de la subvention au prêt concessionnel ou aux conditions du marché. Son champ d'intervention couvre les projets productifs dans les domaines de l'agriculture, de l'industrie et des services, publics ou privés ; des infrastructures ; du développement urbain ; de l'éducation ; de la santé et de l'environnement.

© Agence Française de Développement - 2007  
5, rue Roland Barthes - 75598 Paris cedex 12  
Tél. : 33 (1) 53 44 31 31 - [www.afd.fr](http://www.afd.fr)

Création et réalisation : Vif Argent Communication - 92300 - Levallois-Perret

Imprimé en France par Ferréol (Lyon) - Mars 2008  
Dépôt légal : 1<sup>er</sup> trimestre 2008