

# LES CAHIERS

DE L'INSTITUT D'AMENAGEMENT  
ET D'URBANISME  
DE LA REGION D'ILE-DE-FRANCE

## Contraintes énergétiques et mutations urbaines





INSTITUT D'AMÉNAGEMENT  
ET D'URBANISME  
DE LA RÉGION D'ÎLE-DE-FRANCE

Fondation reconnue d'utilité publique  
par le décret du 2 août 1960.

Directeur général  
M. François DUGENY

Organisme d'études du Conseil  
régional, l'IAURIF apporte en  
priorité son appui technique aux  
collectivités locales d'Île-de-France.

Il réunit un large éventail de com-  
pétences : aménagement urbain et  
rural, environnement, transports,  
logement et modes de vie,  
économie et développement local,  
équipements et foncier, santé.

Ses diagnostics et ses propositions  
permettent ainsi de préparer les  
choix des élus régionaux et locaux  
avant de les traduire en termes de  
projets.

Il agit en partenariat avec d'autres  
opérateurs français et européens à  
travers son Système d'Information  
Géographique et sa Médiathèque  
en réseau.

Il exporte ce savoir-faire à travers  
des contrats directs et des accords  
de coopération technique.

## Composition du conseil d'administration au 1<sup>er</sup> février 2008

### Président

**M. Jean-Paul HUCHON**  
Président du Conseil régional d'Île-de-France

### • Bureau :

#### 1<sup>er</sup> Vice-président

**M. Pierre MUTZ**  
Préfet de la région d'Île-de-France, Préfet de Paris

#### 2<sup>e</sup> Vice-président

**M. Jean-Claude BOUCHERAT**  
Président du Conseil économique et social régional d'Île-de-France

#### 3<sup>e</sup> Vice-présidente

**Mme Mireille FERRI**, vice-présidente du Conseil régional chargée de l'aménagement du territoire,  
de l'égalité territoriale, des contrats régionaux et ruraux

Trésorier : **M. Robert CADALBERT**

Secrétaire : **M. François LABROILLE**

### • Conseillers régionaux

#### Titulaires :

**M. Gilles ALAYRAC**  
**M. Robert CADALBERT**  
**Mme Marianne LOUIS**  
**M. El-Madani ARDJOUNE**  
**Mme Christine REVAULT-d'ALLONNES**  
**Mme Mireille FERRI**  
**M. Guy BONNEAU**  
**M. François LABROILLE**  
**Mme Christine MAME**  
**Mme Josy MOLLET-LIDY**  
**M. Jean-Jacques LASSERRE**  
**M. Eric AZIERE**  
**M. Jean-Michel DUBOIS**

### • Le Président du Conseil économique et social régional :

**M. Jean-Claude BOUCHERAT**

### • Deux membres du Conseil économique et social régional :

#### Titulaires :

En cours de désignation

### • Quatre représentants de l'État :

**M. Pierre MUTZ**, Préfet de la région d'Île-de-France, Préfet de Paris  
**Mme Sylvie MARCHAND**, Directrice régionale de l'INSEE, représentant le Ministre chargé du Budget  
**M. Pascal LELARGE**, Directeur régional de l'Équipement d'Île-de-France, Préfet, représentant le Ministre chargé de l'Urbanisme  
Monsieur le représentant du Ministre chargé des Transports

### • Quatre membres fondateurs :

**M. Guy CASTELNAU**, représentant le Gouverneur de la Banque de France  
**M. Claude BLANCHET**, Directeur interrégional de la Caisse des Dépôts et Consignations  
**M. Patrick BAYON DE LA TOUR**, représentant le Président du Directoire du Crédit Foncier de France  
**M. Henry SAVAJOL**, représentant la Présidente du Directoire du Crédit de l'Équipement des P.M.E.

• Le Président de la Chambre de Commerce et d'Industrie de Paris,  
représenté par **M. Jean-Claude KARPELES**

#### Suppléants :

**Mme Jeanne CHEDHOMME**  
**Mme Aude EVIN**  
**M. Olivier GALLIANA**  
**M. Daniel GUERIN**  
**M. Philippe KALTENBACH**  
**M. Jean-Félix BERNARD**  
**Mme Francine BAVAY**  
**M. Alain ROMANDEL**  
**M. Jean-Yves PERROT**  
**Mme Sylviane TROPPER**  
**M. Michel CAFFIN**  
**M. Pierre Le GUERINEL**  
**M. Dominique JOLY**

#### Suppléants :

En cours de désignation

**Directeur de la publication**

François DUGENY

**Rédactrice en chef**Sophie MARIOTTE (01 77 49 75 28) [sophie.mariotte@iaurif.org](mailto:sophie.mariotte@iaurif.org)**Direction du projet**Gérard LACOSTE (01 77 49 77 00) [gerard.lacoste@iaurif.org](mailto:gerard.lacoste@iaurif.org)**Coordination**Geneviève DANCHIN (01 77 49 77 44) [genevieve.danchin@iaurif.org](mailto:genevieve.danchin@iaurif.org)  
Véronique LAMBLIN [veronique.lamblin@iaurif.org](mailto:veronique.lamblin@iaurif.org) groupe Futuribles**Avec la participation de**Dominique LOCHON (01 77 49 77 11) [dominique.lochon@iaurif.org](mailto:dominique.lochon@iaurif.org)  
Nathalie NAULIN (01 77 49 75 81) [nathalie.naulin@iaurif.org](mailto:nathalie.naulin@iaurif.org)**Presse**Catherine GROULÉE-BRAMAT (01 77 49 79 05) [catherine.bramat@iaurif.org](mailto:catherine.bramat@iaurif.org)**Traductions**

ILTI avec la participation d'Andrew BYRD

**Directeur du studio**Denis LACOMBE (01 77 49 79 44) [denis.lacombe@iaurif.org](mailto:denis.lacombe@iaurif.org)**Fabrication**Sylvie COULOMB (01 77 49 79 43) [sylvie.coulomb@iaurif.org](mailto:sylvie.coulomb@iaurif.org)**Maquette, illustrations**Élodie BEAUGENDRE (01 77 49 79 45) [elodie.beaugendre@iaurif.org](mailto:elodie.beaugendre@iaurif.org)**Cartographie, illustrations**Didier PRINCE (01 77 49 79 47) [didier.prince@iaurif.org](mailto:didier.prince@iaurif.org)  
Jean-Eudes TILLOY (01 77 49 75 11) [jean-eudes.tilloy@iaurif.org](mailto:jean-eudes.tilloy@iaurif.org)**Bibliographie**Linda GALLET (01 77 49 79 63) [linda.gallet@iaurif.org](mailto:linda.gallet@iaurif.org)  
Christine ALMANZOR (01 77 49 79 20) [christine.almanzor@iaurif.org](mailto:christine.almanzor@iaurif.org)  
Julien CAMMAS (01 77 49 79 23) [julien.cammass@iaurif.org](mailto:julien.cammass@iaurif.org)**Médiathèque – photothèque**Aurélien LACOUCHIE (01 77 49 75 18) [aurelien.lacouchie@iaurif.org](mailto:aurelien.lacouchie@iaurif.org)  
Sybille DE MARESCHAL  
Lætitia GUILLEMIN**Impression**

IME

Commission paritaire n° 811 AD  
ISSN 0153-6184

## © I.A.U.R.I.F.

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés.

Les copies, reproductions, citations intégrales ou partielles  
pour utilisation autre que strictement privée et individuelle,  
sont illicites sans autorisation formelle de l'auteur ou de l'éditeur.La contrefaçon sera sanctionnée par les articles 425 et suivants du code  
pénal (loi du 11-3-1957, art. 40 et 41).Dépôt légal : 1<sup>er</sup> trimestre 2008**Diffusion, vente et abonnement :**Olivier LANGE (01 77 49 79 38) [olivier.lange@iaurif.org](mailto:olivier.lange@iaurif.org)

	France	Étranger
Le numéro :	36 €	38 €
Abonnement pour 4 numéros :	87 €	98 €
Étudiants*		remise 30 %

**Sur place :**Librairie Île-de-France, accueil Iaurif  
15, rue Falguière, Paris 15<sup>e</sup> (01 77 49 77 40)**Par correspondance :**Institut d'aménagement et d'urbanisme  
de la Région d'Île-de-France  
15, rue Falguière, 75740 Paris Cedex 15  
abonnement et vente au numéro : <http://www.iaurif.org>

\* Photocopie carte de l'année en cours. Tarif 2008

# Sommaire

**Éditorial :****Anticiper le débat climatique en Île-de-France ..... 5***Anticipating the challenge of climate change in Île-de-France*

Jean-Paul Huchon, Président du Conseil régional d'Île-de-France, Président de l'Iaurif

**L'énergie et les grandes métropoles :****métamorphoses d'hier et de demain ..... 7***Energy and Large Metropolitan Areas: Metamorphoses of Yesterday and Tomorrow*

Gérard Lacoste, Directeur général adjoint, délégué à la stratégie et au développement, Iaurif

**La ville face au réchauffement climatique ..... 19***The city and global warming*

entretien avec Mireille Ferri, Vice-présidente, chargée de l'aménagement du territoire

et de l'égalité territoriale, des contrats régionaux et ruraux au Conseil régional d'Île-de-France

**Contraintes énergétiques et mutations urbaines :****sept ateliers pour une réflexion prospective ..... 27***Energy constraints and urban changes: seven workshops about a planning based approach*

## Les risques énergétiques et les enjeux liés au changement climatique ..... 28

**Energy risks and related climate change issues****Les enjeux liés au changement climatique ..... 30***Climate change issues*

Pierre Radanne, cabinet Futur facteur 4

**Les perspectives et risques énergétiques ..... 37***Energy risks and prospects*

Véronique Lamblin, groupe Futuribles

**Les enseignements du débat ..... 44***Learning from debate*

Véronique Lamblin, groupe Futuribles

## L'habitat et les bâtiments tertiaires face aux enjeux énergétiques ..... 52

**Energy challenges in housing and service-sector buildings****Facteur 4 : une stratégie « gagnant-gagnant »****pour les professions du bâtiment ..... 54***A 'win-win' strategy for the construction industry*

Pierre Héran, Ademe

**Le parc francilien : les enjeux énergétiques dans l'habitat****et le tertiaire ..... 60***The Île-de-France region's building stock: energy challenges in housing  
and the service sector*

Pascale Leroi, Lucile Mettetal, Iaurif

**Tendances et scénarios de la réduction énergétique dans le bâti ... 69***Reducing energy consumption in buildings: trends and scenarios*

Jean-Pierre Traisnel, CNRS, UMR AUS, Ifu

**Les enseignements du débat ..... 76***Learning from debate*

animé par Véronique Lamblin, groupe Futuribles

## Les transports franciliens de personnes face aux enjeux énergétiques

86

### Energy challenges facing passenger transport in Île-de-France

Déplacements, contrainte énergétique et effet de serre : quelques repères pour un débat ..... 88

Transportation, energy constraints, and the greenhouse effect: guidelines for debate  
Jean-Pierre Orfeuill, Université Paris XII, Créteil

Transports de personnes et énergie : les spécificités franciliennes ..... 98

Energy challenges facing passenger transport in Île-de-France  
Louis Servant, Iaurif

Les Franciliens et l'automobile : deux ou trois choses à savoir pour faire face au défi climatique ..... 107

The residents of Île-de-France and the automobile: lessons to consider when addressing the climate change problem  
Alain Meyere, Iaurif

Les enseignements du débat ..... 114

Learning from debate  
animé par Véronique Lamblin, groupe Futuribles

## Les activités économiques productives et consommatrices d'énergie

126

### Energy production and consumption and economic activity

Consommation et dépendance énergétiques en Île-de-France ..... 128

Energy consumption and energy dependence in Île-de-France  
Marie-Laure Falque-Masset, Arene

Politique énergétique et activités économiques ..... 135

Energy policy and economic activity  
Mohammed Amjahdi, Anne Grenier, Ademe

Des systèmes de production en mutation, les outils de l'écologie industrielle ..... 144

Changing systems of production: the tools of Industrial Ecology  
Cyril Adoue, Systèmes Durables

Les enseignements du débat ..... 150

Learning from debate  
animé par Véronique Lamblin, groupe Futuribles

## La gestion de l'espace : formes urbaines, densités et enjeux énergétiques

160

### Spatial planning: urban form, density, and energy issues

L'espace urbain francilien et la contrainte énergétique : questions de structure ..... 162

Energy constraints and urban space in Île-de-France: Structural questions  
Nicolas Laruelle, Iaurif

Localisation résidentielle et émission des gaz à effet de serre en Île-de-France ..... 169

Residential location choice and greenhouse gas emissions in Île-de-France  
Claire Plateau, Insee

Énergie, réseaux et formes urbaines ..... 174

Energy, networks, and urban form  
Mindjid Maiza, Université de technologie de Compiègne

Les enseignements du débat ..... 180

Learning from debate  
animé par Véronique Lamblin, groupe Futuribles



B. Raoux/Iaurif - Pose d'une éolienne sur le toit d'un immeuble collectif (Opac de Paris), Val-de-Marne.





## L'espace rural et la production locale d'énergies renouvelables

194

### Spatial planning: rural areas and local production of renewable energy

Les perspectives de développement des énergies renouvelables en France dans et pour les territoires ruraux .....	196
<i>Development perspectives for renewable energies in rural areas of France</i>	
<i>Yves Bruno-Civel, Observ'ER</i>	

L'espace rural et la production locale d'énergies renouvelables en Île-de-France .....	202
<i>Rural space and the local production of renewable energies in Île-de-France</i>	
<i>Philippe Salvi, Arene, synthèse réalisée par l'Iaurif</i>	

<i>Les enseignements du débat</i> .....	208
<i>Learning from debate</i>	
<i>animé par Véronique Lamblin, groupe Futuribles</i>	

## Opinions et comportements, les moteurs du changement

218

### Opinions and behaviours – essential for change

Les médias et l'information sur le changement climatique et la contrainte énergétique .....	220
<i>The media on climate change and energy constraints and related information</i>	
<i>Mathieu Jahnich, Medad</i>	

L'évolution de l'opinion des Français et des Franciliens (2000-2007) .....	225
<i>Change in opinion amongst the French population and the population in Île-de-France (2000-2007)</i>	
<i>Daniel Boy, Cevipof</i>	

Le changement d'attitude face à la crise climatique : les enjeux sociologiques et psychosociologiques .....	230
<i>Change in attitude regarding the climate-related crisis, sociological and psycho-sociological issues</i>	
<i>Erwan Lecœur, sociologue consultant</i>	

<i>Les enseignements du débat</i> .....	236
<i>Learning from debate</i>	
<i>animé par Véronique Lamblin, groupe Futuribles</i>	

### Actions et décisions .....

Les actions régionales en Île-de-France pour lutter contre les contraintes énergétiques et le réchauffement climatique .....	245
<i>Paul Cassin, Cyril Brun, François Lacour, Crif ; Geneviève Danchin et Lucile Mettetal, Iaurif</i>	

Les décisions réglementaires internationales, européennes et nationales .....	251
<i>Geneviève Danchin, Iaurif</i>	

### Bibliographie .....

English summery .....	266
-----------------------	-----

Ce Cahier comporte un DVD «Contraintes énergétiques et mutations urbaines» en 3<sup>e</sup> de couverture.  
 Note: The forewords of each thematic section as well as the findings and conclusions of the discussions can be found on page 266

Furthermore, it is important to highlight that the phrase 'Île-de-France' can also refer to 'Paris Region' (or Greater Paris Area).

# *Anticipating the challenge of climate change in Île-de-France*

*It is now a proven fact that the massive use of fossil energy sources is harmful. The work of the intergovernmental Expert Group on climate change, 2007 Nobel Peace Prize Winners, has demonstrated this more clearly than ever before. After the Kyoto Protocol and its proposed reduction by 50% of greenhouse gas emissions, the Bali Conference focused on putting in place a global governance as an essential element in taking up the challenge.*

*At its own level, the Ile-de-France Regional Council has taken action, encouraging as early as 1998 the High Environmental Quality approach for building and upgrading secondary schools or developing many actions inspired by the same objectives. With the belief that preventing climate change is a priority, we adopted a Regional Energy Plan in 2007. As part of this initiative, the efforts of many stakeholders are supported in order to cut down energy consumption in social housing, in office buildings or in individual homes hence developing solar-generated heat, geothermal science, biomass, photovoltaic solar energy, wind-farms...*

*But the most significant effort is yet to be achieved. It is about adapting our cities, organizing their growth by taking into consideration this new deal.*

*For this reason we have developed this issue of the Cahiers de l'Iaurif, as a result of a collective piece of work that has brought together many partners. This publication offers an overview of issues and possibilities that are available to us when looking into new forms of housing or modes of transport; it provides an analysis of the way we collectively understand these issues and how we adapt our behaviours. It also sheds light on the role of spatial planning, as an exercise bringing together these new approaches for the city of tomorrow.*

*Local authorities are at the forefront in this exercise. They are largely responsible for promoting a compact urban form, optimizing resources, space and energy. The Paris Region Master Plan Draft, approved by the regional assembly in February 2007 has opened up this way, highlighting a future for all the other spatial planning stakeholders so as to achieve the Paris Region of the 21<sup>st</sup> Century.*

**Jean-Paul HUCHON**

President of the Regional Council of Île-de-France

President of Iaurif



## Anticiper le défi climatique en Île-de-France

*Nul ne peut douter désormais des effets néfastes de l'utilisation massive des énergies fossiles. Les travaux du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, récompensés par le prix Nobel de la paix en 2007, le montrent de plus en plus clairement. Après le Protocole de Kyoto qui vise à diminuer de moitié les émissions de gaz à effet de serre, la Conférence de Bali a souhaité mettre en place une gouvernance planétaire, indispensable pour relever ce défi.*

*À son échelle, le Conseil régional d'Île-de-France s'est mobilisé, favorisant dès 1998 la démarche Haute qualité environnementale lors de la construction ou la rénovation de lycées ou par de multiples actions inspirées des mêmes objectifs. Convaincu que la lutte contre le changement climatique est une priorité, il a adopté en 2007 un Plan régional de l'énergie. Dans ce cadre, il accompagne les efforts de nombreux acteurs pour réduire la consommation énergétique dans le logement social, les bâtiments tertiaires ou chez les particuliers, pour développer le solaire thermique, la géothermie, la biomasse, le solaire photovoltaïque, les éoliennes...*

*Mais l'effort le plus important reste à venir. Il s'agit d'adapter nos villes, d'organiser leur croissance en tenant compte de cette nouvelle donne.*

*C'est dans cette perspective que s'inscrit ce numéro des Cahiers de l'Iaurif, fruit d'un travail collectif associant de multiples partenaires, au premier rang desquels l'Agence régionale de l'environnement et des nouvelles énergies. Cet ouvrage retrace les enjeux et les pistes qui s'ouvrent à nous pour repenser l'habitat ou les transports ; il analyse la façon dont nous comprenons collectivement ces enjeux et adaptons nos comportements. Il éclaire également la question de l'aménagement de l'espace, exercice synthétisant ces nouvelles façons de penser la ville de demain.*

*Dans cet exercice, les collectivités locales sont en première ligne. C'est à elles qu'incombe pour une large part la responsabilité de promouvoir un aménagement urbain compact, économe en ressources, en espace et en énergie. Le projet de Schéma directeur régional d'Île-de-France que l'assemblée régionale a adopté en février 2007 ouvre cette voie, traçant une perspective offerte à l'ensemble des autres acteurs de l'aménagement pour construire l'Île-de-France du XXI<sup>e</sup> siècle.*



**Jean-Paul HUCHON**  
Président du Conseil régional d'Île-de-France  
Président de l'Iaurif





# L'énergie et les grandes métropoles : métamorphoses d'hier et de demain...

Gérard Lacoste<sup>(1)</sup>

Iaurif

Lorsqu'en 1769, James Watt met au point la machine à vapeur, qu'un siècle plus tard l'Autrichien Siegfried Marcus conçoit la première voiture à essence ou enfin qu'en 1888 Nicolas Tesla invente le moteur électrique, ils n'imaginent sans doute pas à quel point leurs inventions bouleverseront notre quotidien, ni l'impact qu'elles auront sur notre cadre de vie et la forme de nos villes ! C'est le début d'une période de progrès technique, engrenage nourri de multiples micro-décisions, mouvement spontané, dont la portée est loin d'être soupçonnable. Après deux siècles d'innovation et de croissance effrénée, l'annonce d'un monde proche, sans pétrole ni charbon, et la prise de conscience des dégâts causés sur la planète par deux siècles d'utilisation intensive de ces combustibles fossiles laissent présager une mutation, inéluctable, annonciatrice de nouvelles métamorphoses urbaines.

Ces métamorphoses de la ville et le rôle joué par l'énergie ont beaucoup inspiré artistes et écrivains. Dans «Le voyage du Horla», Maupassant donne de la ville de Lille du XIX<sup>e</sup> siècle une image saisissante.

*«Soudain une ville considérable, d'après l'étendue de son gaz, se montre juste devant nous [...]. Comme nous approchons d'elle, apparaît sous nous, tout à coup, une si surprenante lave de feu, que je me crois emporté sur un pays fabuleux où on fabrique des pierres précieuses pour les géants. C'est une briqueterie, paraît-il. En voici d'autres, deux, trois. Les matières en fusion bouillonnent, scintillent, jettent des éclats bleus, rouges, jaunes, verts, des reflets de diamants monstrueux, de rubis, d'émeraudes, de turquoises, de saphirs, de topazes. Et près de là les grandes forges soufflent leur haleine ronflante, pareille à des mugissements de lion apocalyptique ; les hautes cheminées jettent au vent leurs panaches de flammes, et l'on entend des bruits de métal qui roule, de métal qui sonne, de marteaux énormes qui retombent.»*

Ce passage célèbre le triomphe de l'industrie et la puissance de l'homme acquise grâce au charbon et à la maîtrise du feu. La puissance de la description laisse néanmoins percer une crainte sourde envers ces machines et leur puissance titanique. L'irruption brutale de l'énergie domestiquée va bouleverser la ville de multiples manières. Mais cette métamorphose n'est qu'une étape et s'inscrit dans un long processus.

## De tous temps, l'énergie et la ville ont eu partie liée

Si, dès l'origine, elle est le siège du pouvoir politique et religieux et, à l'abri de ses murs fortifiés, le havre de paix des temps troublés, la ville est avant tout le lieu de l'échange, une escale ou l'aboutissement d'un voyage. Villes-marchés où convergent caravanes et convois, où se rencontrent les négociants, ports de débarquement de denrées en provenance de contrées lointaines, confluences entre rivières et canaux, elles sont le lieu privilégié du commerce... Depuis longtemps, elles sont également les foyers de l'artisanat puis de l'industrie où se transforment ces produits, où se façonnent outils et objets, tissus et vêtements.

Rien ne se fait sans source énergétique, minérale, végétale, animale, voire humaine. Le vent amène les navires au port, la rivière fait tourner les moulins, le bois des forêts voisines permet la construction et le chauffage des habitations. L'animal de trait tire carriole, fiacre ou carrosse<sup>(2)</sup>... Dans un passé plus lointain, dans la ville antique, l'économie de la cité reposait largement sur l'esclavage ; suivront le domestique, l'artisan, l'ouvrier associé à la machine.

(1) Directeur général adjoint, délégué à la stratégie et au développement.

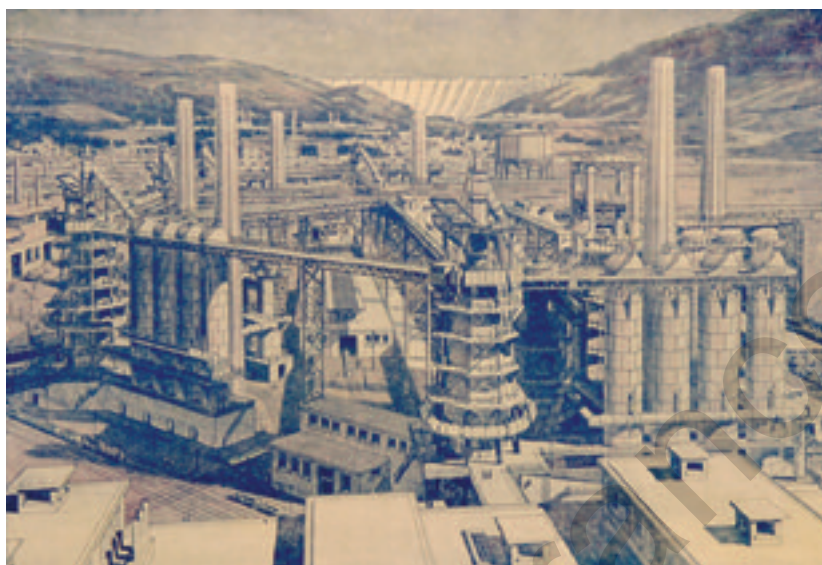
(2) On compte ainsi plus de 10 000 chevaux à Paris lors de la Révolution et quasiment autant au début du XX<sup>e</sup> siècle.

Comme le note Nicolas Chaudun<sup>(3)</sup>, c'est avec la ville du Second Empire que se rompt ce métabolisme habituel de la ville. Le mouvement s'amorce au XVIII<sup>e</sup> siècle, lorsque la machine à vapeur commence à remplacer les chevaux, lorsque les moulins à eau et à vent deviennent force motrice des manufactures. La vapeur, cette nouvelle source d'énergie, présente de grands avantages. Elle affranchit des caprices du climat et, à la différence du bœuf ou du cheval, reste insensible à la maladie ou à la fatigue. Mais elle concerne alors l'atelier, pas encore la ville dans son ensemble.

## La ville carbonifère

Au XIX<sup>e</sup> siècle, les choses changent. Jusque là, l'homme semblait inéluctablement voué au respect du rythme des saisons, à l'obéissance aux lois de la nature. Il semble désormais en mesure d'en canaliser les forces. Le mythe de l'ordre naturel des choses s'efface devant celui du progrès et de ses promesses d'une société d'abondance. La technique permet la concrétisation de projets jusque là inimaginables et l'esprit d'entreprise triomphe. Les hommes affluent vers les villes où s'accomplissent ces prodiges et où se crée la richesse.

Certes, Haussmann restera le grand maître d'œuvre du bouleversement que connu Paris. Mais les réalités éco-



*Avec la Cité industrielle, Tony Garnier synthétise la pensée des utopistes du XIX<sup>e</sup> siècle, de l'organisation sociale de la ville au rapprochement ville-nature.*

Tony Garnier - L'usine métallurgique, vue des hauts Fourneaux - Cité industrielle, édition de 1932/Musée Urbain Tony Garnier

nomiques et sociales, les inventions et l'évolution des techniques seront les leviers déterminants de cette métamorphose. La ville s'adapte aux réalités d'une civilisation vouée à l'industrie et au commerce. La ville change dans sa forme, son organisation, son ampleur. Auparavant, nombre de grandes cités européennes alternaient compression et extension, au gré de l'édification de nouvelles enceintes. Désormais, la ville prend ses aises, à l'entassement sans fin succède l'expansion, l'étalement le long des routes, des fleuves et des canaux. L'essor de l'industrie transforme les faubourgs et débouche sur l'émergence de «la ville carbonifère» selon l'expression

de Charles Dickens<sup>(4)</sup>. L'afflux de population ouvrière s'accompagne d'une période d'intense construction et une extension de la ville, loin de ses limites d'hier. L'industrie a besoin de l'eau, de la route, de la voie ferrée... Elle dresse ses cheminées à la porte des villes, rapidement entourée des logis des ouvriers qui affluent de province. Le paysage se transforme avec ses bâtiments massifs, ses panaches de fumée à la périphérie, ses grands magasins, ses halles couvertes, ou sa bourse de commerce, nouveaux édifices symboliques d'une ère d'abondance qui s'annonce. Le charbon, source d'énergie protéiforme, a de multiples implications sur la ville du XIX<sup>e</sup> siècle. En dotant la machine à vapeur d'une puissance nouvelle, il donne naissance à de nombreuses industries et bouleverse l'économie de la ville. L'essor de la sidérurgie et la maîtrise de l'acier ouvrent des perspectives nouvelles aux architectes et ingénieurs. Mais le charbon permet également la production du gaz de ville, qui illumine peu à peu les



*Au XVIII<sup>e</sup> siècle, la machine à vapeur permet de s'affranchir des caprices du climat.*

Collection Iaurif



*Le charbon donne naissance à de nombreuses industries et bouleverse l'économie de la ville.*

F. Thiollier/Musée d'Art Moderne de Saint-Etienne Métropole

(3) Nicolas Chaudun, «Haussmann au crible».

(4) Cité par Michel Ragon dans «L'homme et les villes».



places et les avenues, modifiant profondément le paysage nocturne des grandes cités. Il amorce des changements qui permettront d'innover dans la construction et de renouveler les formes d'habitat, avec l'amélioration des matériaux (briques industrielles, métal, verre...) et l'évolution de l'organisation des immeubles. La plomberie fait son apparition dans certaines habitations et il est possible de se chauffer et s'éclairer au gaz et à l'électricité. Mais si les poêles sont plus sophistiqués, le chauffage à la vapeur et les nouveaux «gadgets à usage domestique» rendent la vie plus confortable pour les familles les plus fortunées ce n'est que bien plus tard que le gaz et l'électricité alimenteront la plupart des logements ouvriers.

Cette ville qui s'accroît sans cesse, fait débat. Elle effraie ou stimule les esprits novateurs. De la peur de la ville tentaculaire que l'on entrevoit, de cette crainte du chaos urbain, naît la pensée urbaine des utopistes, de Saint-Simon à Tony Garnier, en passant par Fourier ou Godin... Nombre d'entre eux entrevoient l'aube d'une société

d'abondance matérielle et s'attachent à dessiner des formes urbaines dictées par une vision des relations sociales égalitaires. Mais, toujours en réaction à cette crainte du chaos, au spectacle des conditions insupportables du travail industriel qui défigure la ville, une autre voie est proposée, en Angleterre d'abord, puis en Amérique et dans l'Europe du Nord : la réconciliation de la ville et de la nature, éternelle quête, avec le modèle des cités-jardins. Dans la cité imaginée par Howard<sup>(5)</sup>, ces villes ramènent l'homme à la terre, un sixième seulement du terrain étant bâti, les usines situées à proximité immédiate des villes assurant l'emploi des citadins.

En pratique, cette image de la ville «réconciliée avec la nature» contribuera plus à transformer les banlieues qu'à métamorphoser les métropoles. Avec la *Cité industrielle*, Tony Garnier synthétise cette pensée des utopistes du XIX<sup>e</sup> siècle, reprenant leurs multiples apports, de l'organisation sociale de la ville au rapprochement ville-nature. Il donne une puissante dimension architecturale à cette vision de la

ville du futur, mariant constructions en brique, en fer et en verre, circulations piétonnes et circulations pour les modes de transport mécanisés. L'hygiène et la qualité de vie occupent une place importante dans cette *ville rêvée*, l'électricité essentiellement d'origine hydraulique étant la principale source d'énergie utilisée par les usines et les transports publics.

Autant que la multiplication des usines ou l'extension de l'habitat, les réseaux de transport jouent un rôle déterminant dans cette métamorphose urbaine. Le train, mode de transport de masse de l'ère industrielle découpe et restructure l'espace, mais aussi le temps de la ville. Avec son organisation et ses horaires, il plie les usagers à son rythme, autre élément de ce nouveau métabolisme urbain.

## La ville en mouvement

L'essor de l'industrie et du commerce implique la modernisation des échanges. Cette exigence de mobilité est pressante : l'ouvrier loge à des lieues de son atelier ; hommes d'affaires, voyageurs en escale, visiteurs des expositions universelles, appellent aussi un développement des moyens de transport. La structure de la ville est transformée par la création de voies ferrées, de gares, de boulevards et d'avenues, autant pour aérer la ville que pour faciliter la circulation. La fonction des places change. Elles deviennent des carrefours permettant le croisement des fiacres et des omnibus, plus que des lieux de rencontre et de festivité.

Mais après le train, une seconde révolution des modes de déplacement se profile à l'horizon avec l'invention du moteur à combustion interne. L'Autri-



Le développement de la voiture a transformé la forme urbaine.

Devin Kho/Stock.xcn

(5) Ebenezer Howard, «*To-morrow, a peaceful path to real reform*», Londres 1898.

chien Marcus met au point la première voiture à essence en 1875, le premier modèle sera commercialisé onze ans plus tard par l'Allemand Karl Benz. En 1900, on comptait 2 000 automobiles à Paris. Puis en 1903, ce même moteur permet de faire voler le premier avion et de concrétiser un des vieux rêves de l'homme, se déplacer dans les airs. Quelques architectes et urbanistes percevront très tôt l'impact de l'irruption de ces machines sur la forme urbaine. Parmi eux, le Français Eugène Hénard s'inquiète de la perspective d'une ville envahie par la voiture. Il étudie la circulation dans les grandes villes et conclut à la nécessité de créer des voies plus larges, reliant centre et périphérie. Il invente de nombreuses solutions permettant d'organiser la circulation en ville, carrefours giratoires, boulevards souterrains et avenues suspendues, circulations superposées, passages piétons... Nombre de ses idées seront mises en œuvre. Son imagination l'amène également à s'intéresser au ciel, au développement des engins aériens, les toits des immeubles devenant des plates-formes aptes à recevoir les «aéroplanes-oiseaux» parfaitement maniables et dirigeables. On sait comment le formidable essor de la voiture transformera la ville, dans la nécessaire réorganisation des tissus urbains existants, mais plus encore avec l'effet des infrastructures de transport sur l'extension des villes et de leurs banlieues. De même, le développement du transport aérien et l'explosion des échanges internationaux sont à l'origine de flux de déplacements dont la croissance n'est pas achevée. Ils ont donné naissance, dans la plupart des grandes métropoles, à de véritables «ville dans la ville» que sont les aéroports internationaux, pôles d'échange, de commerce, de développement économique que se disputent les grandes villes mondiales.

### La «Fée électricité» : lumière, course à la hauteur et autres bouleversements...

Entre la mise au point de la première pile électrique par Volta en 1800, et la maîtrise de la production industrielle de cette nouvelle forme d'énergie, près d'un siècle s'écoule. Ainsi en 1881, lors de l'exposition internationale d'électricité de Paris, l'image de la «Fée électricité», symbole de modernité et de progrès s'impose, ouvrant la voie à d'innombrables innovations qui vont bouleverser l'intérieur des foyers, autant que l'espace public et la ville dans son ensemble. Pourtant, certains restent sceptiques sur son avenir, à l'exemple du Baron Haussmann qui considère l'éclairage électrique «bon à donner du travail aux oculistes».

À Paris, c'est en 1889 que le premier abonné est raccordé au réseau naissant, à partir de l'usine des Halles. L'électricité fait irruption dans l'intimité des foyers, où l'ampoule électrique inventée depuis peu supplante rapidement la lampe à pétrole, ouvrant



«La Fée électricité» de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle sera symbolisée par la construction de la Tour Eiffel pour l'Exposition universelle de 1889.

Collection particulière/laurif

la voie à une longue cohorte d'objets qui vont transformer le quotidien. Des appareils de chauffage au réfrigérateur, du ventilateur au four à micro-ondes, en passant par la radio, la télévision et la cohorte des produits dérivés de l'informatique et du multimédia, la veine des innovations ne semble pas tarie. Avec l'électricité, c'est aussi le rythme de la ville qui change, la nuit qui recule, le décor urbain qui est réinventé. Aux féeries lumineuses des premiers temps, fait suite une démarche de conquête progressive des voies qui commence en février 1878 par l'avenue de l'Opéra où sont implantés soixante-huit lampadaires. La télégraphie électrique, née au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, permet également la mise en réseau des villes. Dès 1850, «il est possible de savoir à Paris, ce qui se passe à la minute même à Amsterdam, à Moscou, à Naples et à Lisbonne». Avec les progrès de l'isolation des câbles électriques, l'Angleterre est reliée au continent en 1851 et les États-Unis à l'Europe en 1858. C'est le début d'un mouvement qui connaîtra une vertigineuse accélération jusqu'à l'ère des satellites, d'Internet ou de la téléphonie mobile... Ces échanges en continu de flux croissants d'information gouvernent aujourd'hui largement l'économie des grandes villes du monde. Les mutations de la ville elle-même, de sa forme et de ses paysages, ne sont pas moins spectaculaires. Elles concernent les modes de déplacement avec la révolution des transports électrifiés, trolleybus, tramways et surtout métros, mode de transport de masse des très grandes métropoles. De 1900 à 1930, treize lignes furent ainsi ouvertes à Paris. Elles concernent aussi l'architecture et la silhouette urbaine.

En 1900, les immeubles de dix étages sont encore considérés comme extraordinairement hauts. Pourtant, la course à la hauteur est engagée. Les moyens techniques offerts par les pro-



grès des constructions en acier, la maîtrise de la technique du verre, et la mise au point des ascenseurs grâce aux moteurs électriques rendent possible cette mutation. Là encore, les Expositions universelles sont l'occasion d'apporter une démonstration spectaculaire de l'efficacité des inventions d'Edoux, Otis, Siemens... dont la construction de la Tour Eiffel offrira un puissant symbole, suscitant également une vigoureuse polémique entre partisans et adversaires, entre artistes, architectes et ingénieurs.

Mais le véritable déclenchement de cette course à la hauteur sera d'abord la conséquence d'une catastrophe urbaine de grande ampleur, le grand incendie de Chicago, en 1871, qui détruit presque entièrement la ville. L'urgence de la reconstruction alliée à l'esprit pionnier qui caractérise la ville, dicte la réponse : la première génération de gratte-ciels produira une première série de bâtiments avec la construction du *Home Insurance Building* en 1884, du *Masonic Temple* en 1892, le premier à être consacré immeuble «le plus haut du monde». Ce n'est que le début de la compétition. Mais le refus de voir les rues se transformer en «canyons sombres et profonds» conduiront à limiter la hauteur de construction à quarante mètres. C'est alors Manhattan qui prend le relais, à son tour de tempérer cette ardeur après la construction, en 1915, de l'*Equitable Building* qui culmine à 273 mètres, record battu avec l'*Empire State Building*, construit en 1930 et atteignant 381 mètres. Ces nouvelles silhouettes urbaines qui émergent aux États-Unis stupéfient le voyageur européen, comme en témoigne Céline dans «Voyage au bout de la nuit» (1932). «Pour une surprise, c'en fut une. À travers la brume, c'était tellement étonnant ce qu'on découvrait soudain, que nous nous refusâmes d'abord à y croire et puis tout de même quand nous fûmes

*en plein devant les choses, tout galérien qu'on était on s'est mis à rigoler en voyant ça, droit devant nous... Figurez-vous qu'elle était debout leur ville, absolument droite. New York c'est une ville debout. On en avait déjà vu nous des villes bien sûr, et des belles encore, et des ports fameux même. Mais chez nous, n'est-ce pas, elles sont couchées les villes, au bord de la mer ou sur les fleuves, elles s'allongent sur le paysage, elles attendent le voyageur, tandis que celle-là l'Américaine, elle ne se pâmail pas, non, elle se tenait bien raide, là, pas baisante du tout, raide à faire peur.»*

Si l'association de la construction métallique, du verre, de la grue et de l'ascenseur ont rendu possible l'érection des gratte-ciels et l'émergence de la ville verticale, celle du réfrigérateur et de la chaîne du froid, de la voiture et de l'hypermarché ont également rendu possible l'étalement urbain, autre trait majeur de la croissance des villes au xx<sup>e</sup> siècle. Encore une métamorphose débouchant sur de nouvelles formes urbaines, une nouvelle structuration de la ville, et un fonctionnement étroitement associé aux formes et aux réserves d'énergie disponibles aujourd'hui.

### Et demain, quelles mutations urbaines pour accompagner la transition énergétique ?

La prise de conscience de la fin de l'énergie à bon marché et des effets dévastateurs de l'utilisation des combustibles fossiles sur le climat gagne l'ensemble des opinions publiques et des gouvernants. Dans un monde où les villes accueilleraient la moitié de la population en l'an 2000, et accueilleront probablement les deux tiers en 2030, la forme des villes de demain et les modes de vie des citoyens sont au cœur des débats.

Cette perception d'une rupture inéluctable s'accompagne à la fois d'une acceptation de changements dans les modes de vie pour aller vers des comportements plus économes en énergie, mais également de la crainte d'événements dramatiques : catastrophes naturelles (inondations, tempêtes, sécheresse prolongée, vagues de canicule...), pannes majeures liées à des accidents (rupture des approvisionnements énergétiques, accidents technologiques liés aux technologies utilisées...) ou conséquence indirecte des aléas climatiques de la dégradation de l'environnement (épidémies ou problèmes sanitaires). Bref, la ville est perçue comme vulnérable.

Partout, le concept de villes économes en énergie émerge. Des projets de «quartiers durables» fleurissent depuis près de dix ans en Europe. À Londres, Copenhague, Hanovre ou Fribourg, les exemples se multiplient. En France, les annonces abondent. Ailleurs, en Chine, ce ne sont pas des quartiers mais des villes durables que l'on nous promet. Est-ce réellement l'amorce de la mutation attendue, la préfiguration de la ville du XXI<sup>e</sup> siècle, repensée dans sa forme, son mode de fonctionnement, ses relations entre habitants ?

En fait, le contexte dans lequel se déploiera la ville de demain est profondément différent selon les pays et leur degré d'urbanisation. Le contexte du développement urbain n'a rien de commun entre villes du nord et villes du sud... Les défis auxquels elles ont à faire face, s'ils ont en commun la question énergétique et climatique, sont couplés à d'autres enjeux qui interagiront dans la recherche des solutions et le choix des modes de développement futurs.

Dans la plupart des villes du nord, villes à croissance lente, il s'agit certes de repenser l'existant, de développer de nouveaux quartiers, mais surtout de faire évoluer le patrimoine urbain déjà

construit. Cela passera par un usage plus intensif, une densification, des espaces bien desservis et dotés en équipements. Cela implique également un important effort de réhabilitation du parc immobilier, une nouvelle politique de déplacements mais pas nécessairement d'une révolution générale dans les formes urbaines, si ce n'est dans quelques quartiers touchés par des rénovations. Même s'ils ne sont pas très spectaculaires, ces mille petits gestes qui transformeront modes d'habitat et de déplacement sont indispensables. Ils changeront progressivement la ville de demain, comme l'ont changé hier en profondeur mille innovations, à commencer par le déploiement des réseaux qui équipent aujourd'hui nos foyers, et qui ont mis plus d'un demi-siècle pour gagner la ville quartier par quartier, immeuble par immeuble. Ces chan-

gements emprunteront parfois à des technologies encore inconnues, parfois à la redécouverte de solutions éprouvées. Ainsi, les tramways et la traction électrique, évincés pendant un temps par le trafic automobile, connaissent aujourd'hui une renaissance spectaculaire, mutation qui conduit à redessiner l'espace public, redéfinir son usage et remodeler la ville. La nouveauté sera plus visible dans les rares friches industrielles ou grandes emprises publiques encore disponibles et susceptibles d'accueillir les nouveaux quartiers durables. Si certains de ces projets sont en voie de réalisation, d'autres ne sont que des ébauches et soulèvent de nombreuses questions. Chez nous, en Europe, comment faire pour que ces projets ne restent pas simplement quelques vitrines isolées, quelques enclaves pour nantis préservant leur cadre de vie ? S'ils acca-

parent l'attention et les ressources publiques indispensables à l'adaptation de l'ensemble de l'agglomération, ils constitueraient un remède pire que le mal, dans nos sociétés urbaines déjà en proie à la fragmentation sociale. Dans les villes du sud, métropoles des pays en croissance, il faudra à la fois accompagner le boom économique, faire face à l'afflux de population et aux besoins d'équipements que celui-ci signifie, en concevant à très vaste échelle une ville durable, tant sur le plan environnemental, économique que social. Là se trouve le principal enjeu car c'est dans les métropoles de ces pays émergents que se trouve le plus fort potentiel de développement des villes. Or, on ne peut pas dire que les exemples que l'on voit surgir de terre un peu partout dans ces villes répondent vraiment à ces critères. Certes, des projets ambitieux de villes durables sont annoncés



*Dans les choix d'aménagement, la question énergétique est encore supplantée par la course à la hauteur, symbole de réussite économique.*

Michel R./Wikipedia





*Les nouveaux quartiers durables incarnent la ville idéale de demain tant sur le plan environnemental, économique que social, Ormesson-sur-Marne, Val-de-Marne.*

B. Raoux/laurif

de par le monde, mais ils apparaissent souvent comme de clinquants outils de communication. Gardons par ailleurs à l'esprit que l'essentiel de l'urbanisation de ces métropoles s'effectue de façon spontanée, sans aucune intervention publique, dans des pays sans véritable système fiscal ni ressources publiques... Mais la prise de conscience est désormais générale, et même si nul ne peut dire que l'on a aujourd'hui trouvé les réponses à l'échelle des défis qui nous sont posés, les changements de comportement se font jour, les chercheurs sont mobilisés, les projets se multiplient. Certes, les paramètres qui guideront les choix des gouvernants comme ceux des investisseurs ne seront pas exclusivement guidés par les préoccupations de développement durable. Les questions financières et politiques y auront leur part. On voit bien dans la façon dont les grandes métropoles s'affichent, que la question énergétique et le climat sont encore très souvent supplantés par le désir d'afficher une modernité conquérante, de revendiquer une place de choix dans la compétition économique entre métropoles mondiales. La symbolique du quartier d'affaires et la course à la hau-

teur ne sont pas morts et trouvent une apparente légitimité en revendiquant une densité vertueuse.

Mais ce modèle, dont Shanghai semble le porte drapeau, est concurrencé par d'autres visions d'une ville se fondant dans son environnement naturel, visions empruntant largement leurs aspects formels au monde végétal et leur fonctionnement au cycle de la nature. D'une certaine façon, les quartiers durables amorcent ce mouvement, avec leur organisation spatiale réfléchie, leurs objectifs de fourniture locale d'énergie, de recyclage de l'eau, d'adaptation des modes de déplacement... L'objectif est aussi de moins dépendre des systèmes centralisés d'approvisionnement en eau et en énergie dans l'avenir, autre façon de se prémunir contre les aléas climatiques et les risques dont ils sont porteurs. Sans prétendre dessiner la ville idéale du prochain siècle, les images de ces quartiers contribuent à façonner l'imaginaire urbain de l'agglomération de demain. Tout comme les propositions de «cités-jardins» d'Ebezener Howard ou la «cité industrielle» de Tony Garnier ont façonné celui du début du XX<sup>e</sup> siècle.

## Références bibliographiques

- Jacques Ellul, *La technique*
- Mémoires du **Baron Haussmann**, *Les grands travaux de Paris*
- **Stephan Zweig** (1939), *Le premier mot qui traversa l'océan* in *Les Très Riches Heures de l'humanité*
- **Philippe Simon** (1999), *Les premières fois qui ont inventé Paris*, Pavillon de l'Arsenal
- **Bertrand Lemoine**, *La Tour de Monsieur Eiffel*
- **Simone Delattre**, *Les douze heures noires ou la nuit à Paris au XIX<sup>e</sup> siècle*
- **Patrice de Moncan**, avec la collaboration de **Philippe Chiambarta**, *Villes rêvées*, les éditions du mécène
- **Bertrand Lemoine**, *Construire, équiper, aménager, La France de ponts en chaussées*



L. Blogly/Topedo - Architectes : Morin et Trotin du Groupe Péripnématique

# Energy and Large Metropolitan Areas: Metamorphoses of Yesterday and Tomorrow

Gérard Lacoste<sup>(1)</sup>

Iaurif

When in 1769 James Watt engineered the steam engine, when seven years later, the Austrian inventor Marcus designed the first petrol powered car, or when in 1800 Volta presented his electric battery, doubtless it was unimaginable to these people the dramatic future impact of their inventions on our every day life and on the form of our cities! These inventions marked the start of an era of technical progress, a mechanism consisting of many micro-decisions, a movement beyond anyone's control, whose magnitude is impossible to encompass.

Yet, after two Centuries of continuous innovation at a furious pace, the announcement of the coming of a world that will, in the near future, be without oil or coal and the awareness of the damage caused on our planet after two Centuries of intensive use of these fossil fuels, leads us to predict that a new and unavoidable turning point is approaching, heralding the next generation of urban metamorphosis.

The first industrial metamorphoses of the city, and the role played by energy greatly inspired artists and writers. In his short story *Le voyage du Horla*, Maupassant gives a fascinating account of the city of Lille in the middle of the 19<sup>th</sup> Century:

*"Suddenly, a large city - judging by the area covered by its gas - appears before our eyes [...] As we get closer, all of a sudden, a lava of fire looms under our feet. It is so surprising that I feel as if I am being taken away in a land of wonders where gems designed for giants are manufactured. I am being told that this is a brick-making factory. Here, there are other ones, two, three. Materials at melting point boil, sparkle, twinkle with blue, red, yellow, green sparks, monstrous reflections of diamonds, ruby, emeralds, turquoises, sapphires, topaz. And close by, the big forges blow their purring breath out, in the same way as would the bellowing of an apocalyptic lion; the high chimney stacks throw in the wind their plumes of flames and metallic noises can be heard, metal that rolls, that jangles, enormous hammers that fall back."*

This passage, celebrating the triumph of industry and the new power of mankind acquired thanks to coal and the taming of fire, also expresses a muted fear of these machines and their titanic power. This brutal and sudden emergence of domesticated energy dramatically changed the face of the city. However, this metamorphosis was but one step in a long process.

## Throughout History, energy and cities have always been connected

If the city was originally the centre of political and religious power, its fortified walls providing a haven in troubled times; it was first and foremost a place of exchange, the end destination of the journey. Market-Towns where caravans and convoys would converge, where merchants would convene, harbours where goods would arrive from faraway places, confluences between rivers and canals; cities were trading centres. From the birth of their existence, they were also centres of craftsmanship, where tools, goods and garments were made, naturally evolving to the centres of industry where products were transformed.

Energy was the essential component of these human activities; the wind that leads the vessel ashore, the river that turns the mill, the wood of neighbouring forests building and heating houses and of course the animal pulling the plough, cart, carriage or coach<sup>(2)</sup>. If we go back even further in time, for ancient cities human strength and slavery also constituted an essential source of energy upon which a great deal of the city's economy depended, subsequently replaced by servants, craftsmen, machinists. As Nicolas Chaudun<sup>(3)</sup> commented, the city of the Second Empire broke this traditional metabolism of the city. The movement started during the 18<sup>th</sup> Century, when horses, water mills and windmills began to be phased out, in favour of the steam engine as the driving force of factories. Steam, this new source of energy, brought great benefits. It was operable regardless of weather conditions and, unlike oxen and horses, was not subject to





With its concept of *Industrial City*, Tony Garnier has synthesized the thinking of 19<sup>th</sup> Century utopians, from the social organization of the city to the bringing closer together of city and nature.

Tony Garnier - Vue d'ensemble, la terrasse sur la vallée - Une Cité industrielle, édition de 1932/Musée Urbain Tony Garnier

disease or exhaustion. But this phenomenon was still confined to the workshop, yet to reshape the city as a whole.

### The carboniferous city

This was to change in the 19<sup>th</sup> Century. Up to this point, Mankind seemed inextricably bound to a life governed by the rhythm of the seasons, to the observance of the laws of nature whose forces were seemingly impossible to channel. Mankind's tie to the natural order of things was evaporating in the face of the advent of progress and its promises of a society of plenty. New techniques allowed the implementation of projects that were previously unthinkable, and the triumphant birth of new entrepreneurship. Man flocked to the cities, the home of these new wonders and the new generation of wealth. Of course, Haussmann will remain the great master behind the dramatic changes Paris went through. But economic and social realities, invention and technical evolution would be the decisive factors of this metamorphosis, as the city adapted itself to the realities of a civilization devoted to industry and trade.

The city changed its form, its organization, and its magnitude. Previously, many large European cities were in a cycle of alternation between compression and extension, along with the building of new walls. Now cities became more at ease, following a period of increasing population density, came a period of expansion, of sprawl along roadways, waterways and canals. The rapid development of industry transformed the inner-suburbs and led to the emergence of the 'carboniferous city' as termed by Charles Dickens<sup>(1)</sup>. The influx of the working population was accompanied by an intense period of construction and by an extension of the city far from its previous boundaries.

Industry swelled its water, road and railways, it erected its chimney stacks on the doorstep of cities, and quickly found itself surrounded by the homes of workers who were flocking in from provincial areas. The city landscape changed with these immense constructions, their plumes of smoke dominating the peripheries, their large retail stores, their covered markets and their stock exchanges, new symbolic buildings heralding the message that an era of plenty was on its way.

Coal, a protean source of energy, had many implications on the 19<sup>th</sup> Century city. The new power of the steam engine gave birth to new industries and dramatically changed the city's economy. The rapid growth of the steel industry, and its new expertise dramatically widened the perspectives of both architects and engineers. Coal also facilitated the production of town gas, gradually bringing light to squares and avenues, drastically changing the night landscape of large cities. This was the starting point for new innovation in the building industry; advancements in building materials like industrial bricks, metal and glass brought about the renewal and reconsideration of the domestic habitat, and new designs for residential blocks. Plumbing began to be introduced to domestic dwellings and some could heat and illuminate their homes with gas and electricity. However, whilst steam heating and new domestic gimmicks made life more comfortable for the wealthiest families, it would be a long time before gas and electricity were supplied to most workers' homes.

This endlessly expanding city was a focus of debate. It enriched the minds of forward-thinking individuals with fear and awe-inspired motivation. The urban thinking of utopians like Saint-Simon, Tony Garnier, Fourier and Godin to name but a few, was born out of this fear of the sprawl-

ing city of the future, the fear of urban chaos. Many of them, foreseeing the dawn of a society driven by material wealth, dedicated their work to designing urban structures dictated by an egalitarian vision of social relations. This fear of chaos, this exhibition of the unbearable industrial working conditions that disfigured the city brought about an additional reaction. Beginning in England, followed by America and Northern Europe, an idea was proposed for reconciling city and nature, the eternal quest, with the model of garden cities. In Howard's vision<sup>(2)</sup>, these cities were to bring Mankind back to the land, with only one-sixth of the land being developed, and factories located in the immediate vicinity of cities guaranteeing jobs to their dwellers. In practice, this image of the city 'reconciled with nature' contributed more to a transformation of the suburbs rather than the metropolises. With his work entitled *The Industrial City*, Tony Garnier synthesized the thoughts of 19<sup>th</sup> Century utopians, merging their visions on various themes from the social organization of the city to the unification of city and nature. He gives a powerful architectural dimension to his vision of the city of the future, bringing together buildings of brick, iron and glass with the flows of pedestrians, and mechanized forms of transport. Health and quality of life are an important consideration in Garnier's dream city; hydraulically generated electricity is the main source of energy, powering factories, homes and public transport. Alongside the increasing number of factories or the extension of residential areas, transportation networks played a decisive role in this urban metamorphosis. The train, a means of mass transport of the industrial era redefined and restructured the space as well as the time of the city. With its organization and its timetables, it had its own rhythm with which users had to comply, another element of the new urban metabolism.

### The city on the move

The rapid growth of industry and trade necessitated the modernization of exchange-related infrastructures. The demand for mobility was great; workers who lived several miles from their workplace, businessmen, travellers in transit and tradesmen all exerted their own demands on the transport system. Thus, the infrastructure of the city transformed with the creation of railways and stations, boulevards and avenues, which were created as much to counter the city's pollution and density as to enable the growth of its traffic. City squares, previously having served as meeting places and the focus for public celebrations

(1) Deputy General Director, Head of Strategy and Development.

(2) So, there were 10 000 horses in Paris during the Revolution and almost as many at the outset of the 20<sup>th</sup> Century.

(3) Nicolas Chaudun - *«Haussmann au crible»*.

(4) Quoted by Michel Ragon in *«L'homme et les villes»*.

(5) *«To-morrow, a peaceful path to real reform»* Ebenezer Howard - London 1898.

became crossroads and intersections for carriages and omnibuses. Following the advent of the train, a second transport revolution was to emerge with the invention of the internal combustion engine. In 1875, the Austrian inventor Marcus engineered the first petrol-powered car, developed by the German Karl Benz into the first commercialized model eleven years later.

By 1900, Paris had two thousand cars on its roads. In 1903, one of the oldest dreams of Mankind was also made possible thanks to this engine: flight. Early on in their emergence, a few architects and town-planners understood the impact that the sudden presence of these machines could have on cities. Among them, Frenchman Eugène Hénard worried about the prospect of a city invaded by cars. He researched traffic in large cities and concluded that wider roadways were necessary to link the centre and its periphery. He invented many solutions for the organization of urban traffic; such as roundabouts, underground boulevards, over-ground avenues and pedestrian crossings, many of which have since been implemented. His imagination also turned his focus to the sky and to the development of flying machines, for which he planned to turn the rooftops of buildings into platforms on which perfectly manoeuvrable and dirigible "birdlike-aircrafts" would be able to land.

We are aware of the extent to which the incredibly rapid growth of the car transformed cities, from the necessary reorganization of their existing urban fabrics, to the more startling repercussions of transport infrastructures on the extension of cities and their suburbs. Similarly, the growth of air traffic has been the catalyst for new movement and international exchange whose growth is still increasing. It has produced in most large metropolises, real "cities within cities" in the form of international airports and trade and economic development hubs, the quality and internationality of which is now a point of hot competition amongst the world's largest cities.

### The "Electricity Fairy": light, height and other dramatic changes

Nearly a Century went by between the invention of the first electric battery by Volta in 1800, and the industrial production of this new form of energy. Thus, in 1881, during the international exhibition of electricity in Paris, the image of the "Electricity Fairy" became a symbol of modernity and progress, paving the way to many innovations that brought about significant changes in home interiors, public spaces and in cities overall. However, some remained sceptical about its future, such as Haussmann, who regarded electrical lighting as "just good enough to give work to eye doctors". In Paris, the first home got connected to the burgeoning network in 1889 from the plant of *les Halles*. Electricity appeared in people's homes via the recently invented electrical bulb and quickly replaced oil lamps, giving rise to a long list of items that transformed daily life. From heating appliances

to fridges, fans to microwave ovens, to radio, television and all the by-products of information technology and multimedia, today the list of such products seems to be endless. With electricity the rhythm of the city also changed, the darkness of the night receded and the urban landscape got re-invented. From the initial extravaganza of light followed a gradual strategy that led to the conquest of roadways that started in February 1878 in the Avenue de l'Opéra where 68 street-lamps were installed. Electrical telegraphy, invented in the middle of the 19<sup>th</sup> Century, also enabled the development of networks between cities. From 1950, "it was possible in Paris to know in real time what was going on in Amsterdam, Moscow, Naples and Lisbon". With the technical improvements in the insulation of electrical wires, England was linked up to the mainland in 1851, and the United States to Europe in 1858. This marked the beginning of a movement in communications that underwent a breathtaking growth leading up to the era of satellites, the Internet and mobile telecommunications. Nowadays, this permanent, constant exchange of information widely determines the economic activity of the world's largest cities.

The transformations of the city itself, of its form and its landscape, have been no less spectacular. Particularly the revolution brought about by electrically powered transport, trolleybus, tramways and most importantly metros, a key mode of mass transport for the largest metropolises. From 1900 to 1930, thirteen metro lines were created in Paris, making their own particular impact on the architecture and the urban landscape.

In 1900, ten story buildings were still regarded as extremely high, yet the race for height had begun. The new techniques and improvements in steel construction, new glass technologies and the engineering of lifts thanks to electrical engines, removed old restrictions in construction. Once again, World's Fairs were the opportunity to showcase in a spectacular way the efficiency of the inventions of Edoux, Otis and Siemens, for whom the construction of the Eiffel Tower became a powerful symbol, giving rise to a vigorous controversy between supporters and opponents, between artists, architects and engineers.

However, the real trigger of this race for height was primarily the consequence of an urban disaster of great magnitude; the great fire of Chicago in 1871, which destroyed almost the entire city. The urgent reconstruction, along with the pioneer spirit Chicago was famous for dictated the response; the first generation of skyscrapers. It began with the construction of the *Home Insurance Building* in 1884, followed by the *Masonic Temple* in 1892, the first building to bear the title of "highest building in the world". Despite the race having only just begun, a fear of cities being turned into "dark and deep canyons" led to the introduction in Chicago of 40-metre building limit. Manhattan soon took over with the construction in 1915 of the 273-metre *Equitable Building*, whose record height was

unbroken until 1930 when construction was completed on the *Empire State Building*, reaching a still staggering 381 metres.

These new urban skylines emerging in the United States took European travellers by surprise, as Céline describes in his work '*Voyage au bout de la nuit*' (1932).

"We were struck by surprise. Through the fog, what we discovered was so astonishing we initially thought it was not possible and then, however, when we got right in front of it, although we were in an awfully difficult situation, we burst out laughing, looking at this view right in front of us... You must realize that their city was standing up, absolutely straight. New York is a city that is standing up. We had, of course, seen cities before, and nice ones as well, and even famous ports. But back home, our cities are lying, along the sea or on the banks of rivers, they lay on the landscape, they wait for the traveller, whereas this American one was not swooning, no, it was standing upright, not pleasant at all, straight to the point that it was scary."

If construction with metal and glass, cranes and lifts, have made it possible to erect skyscrapers and to build the vertical city, urban sprawl has been made possible in turn by the invention of the fridge and the cold chain, cars and supermarkets, facilitating an equally dominant characteristic of cities in the 20<sup>th</sup> Century. Urban sprawl was again a metamorphosis that led to new urban forms, new infrastructures for cities whose organization is closely linked to the forms and energy reserves now available.

### What about tomorrow, what urban transformations will accompany the energy transition?

The awareness that cheap energy supply is coming to an end, and that the use of fossil fuels has devastating effects on our climate is gaining ground in the minds of both the public and the decision-makers. In a world where half the population lived in cities in 2000 and where most likely two-thirds of the population will live in cities by 2030, the form of future cities and lifestyles of city-dwellers are central to the current debate.

Admitting that an abrupt change is unavoidable goes hand in hand with admitting that we must adapt our lifestyles to be more energy conscious, and coming to terms with the fear of potentially devastating climate-change related phenomena such as floods, super-storms, extended droughts and heat-waves major failures linked to accidents (disruption of energy supplies, technological accidents connected to technologies implemented) or indirect consequence of climate phenomena resulting from the degradation of the environment (epidemics or sanitation issues). In short, the city is now perceived as vulnerable. We can now see emerging the concept of energy-conscious cities. Projects developing "sustainable communities" have been in existence in Europe for nearly ten years. The number is con-



stantly on the increase with a great deal of projects being proposed in France, as well as London, Copenhagen, Hanover and Freiberg to name but a few. Further afield, in China, we are promised the creation not of sustainable neighbourhoods but of whole sustainable cities. Is this really the start of the anticipated transformation, the foreshadowing of the city of the 21<sup>st</sup> Century, rethought in its form, in the way it functions, in the relationships between its inhabitants?

In fact, the context in which future cities will develop is profoundly different from country to country and depends on the extent to which they are urbanized. The issue of urban development varies massively between cities of the Northern and Southern hemispheres. The global challenges they are faced with in terms of energy and climate must be coupled with their more localised issues when searching for solutions and future means of development.

In most cities of the North, (generally slow growth cities), the issue is of course about rethinking what is already in place, it is about developing new local urban areas but more importantly it is about bringing about change in the urban heritage we have already constructed. This will be subject to a more intensified use, a densification of well-serviced spaces provided with related infrastructures. While this involves a significant effort in upgrading our current structures, and formulating a new policy for transport, it doesn't necessarily mean a general revolution in urban forms. Even if these are not on a spectacular scale, this multitude of small actions transforming our habitation and transport are essential. They will gradually change the face of our future cities, as did so profoundly our thousands and thousands of previous innovations, starting with the development over half a Century of services to which our homes are connected, changing the city area-by-area, building-by-building. These changes will in some cases borrow from technologies we are yet to develop, and in some cases adapt and reuse proven solutions. Tramways and electrical traction, having been discarded in favour of the car have now been undergoing a spectacular come-back, a transformation that has led to a redefinition of public space and its use, and to a reshaping of the city.

Rare Brownfield sites or large public expropriations have the potential to accommodate new sustainable local communities as described above. While some projects have now been delivered, those in the drafting stage sometimes provoke much controversy. Here in Europe, how can we ensure these projects do not become simply isolated showcases, enclaves for the affluent wishing only to protect their immediate environment? If they monopolize the attention and public resources essential to the adaptation of the whole urban area, they would become a bigger threat than the harm currently crippling our urban societies, already in the throes of social fragmentation.

In cities of the South, in the metropolises of growing countries, we will need to strike a balance between supporting economic boom, coping with urban population growth and the associated infrastructure needs, and achieving on a very large scale, a sustainable city from an environmental, social and economic point of view.

It is there that we find the most important issue because it is in those emerging metropolises that the stronger urban development potential can be found. However, as yet we cannot truly say that examples and propositions we have seen in these cities truly meet such criteria. Obviously, some ambitious projects of sustainable cities have been announced in different corners of the world, but they often seem little more than flashy communication and promotion tools. Besides, let us bear in mind that generally urbanization of these metropolises is occurring spontaneously, without any public involvement, in countries deprived of any real tax system or public resources.

Undeniably, awareness of these issues is now widespread, even if comprehensive responses have not been seen in relation to the scale of these challenges we face, changes in behaviour can be seen, researchers are being mobilized, and the number of projects is on the increase.

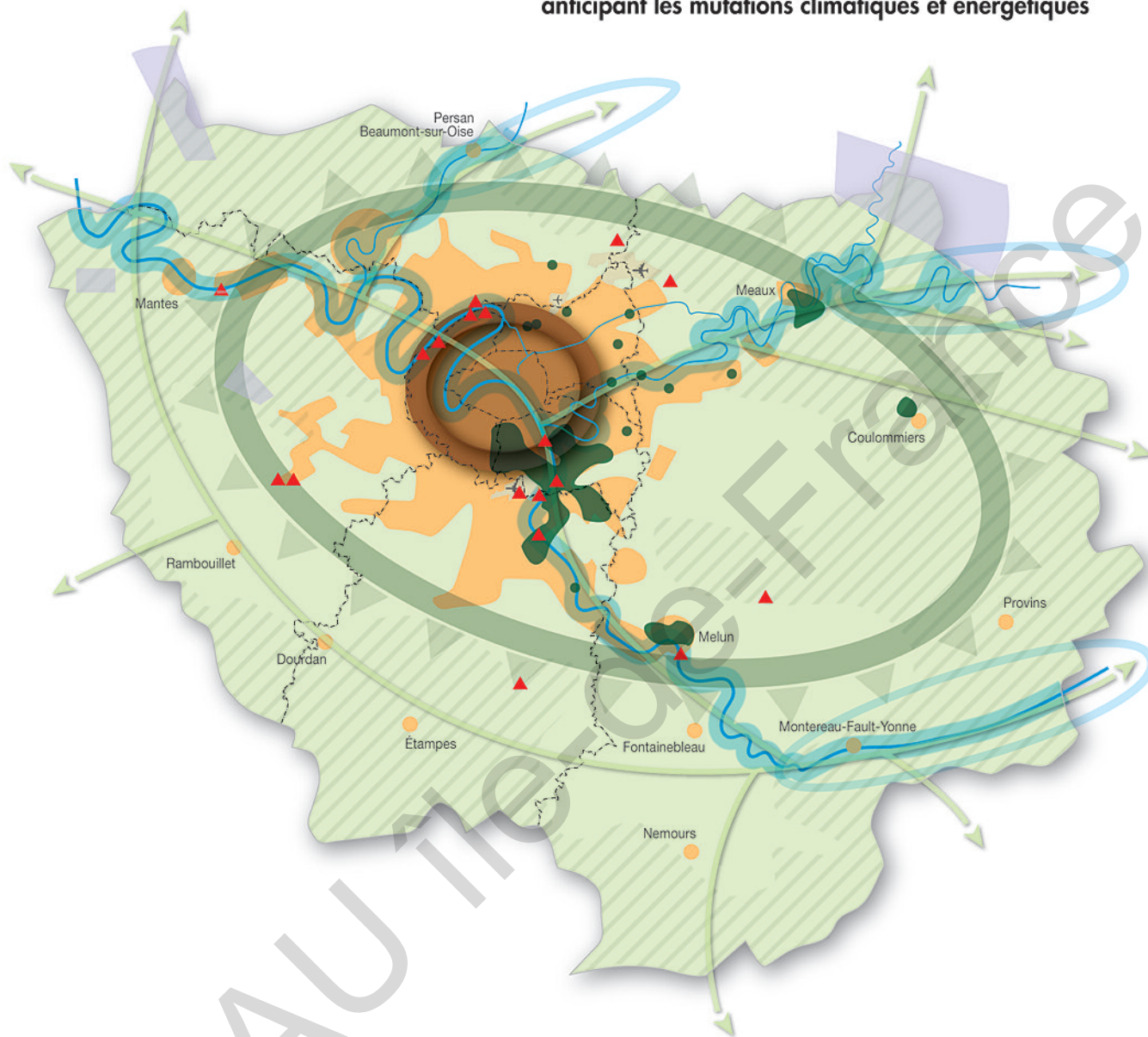
Obviously, the key parameters of decision makers such as investors will not be solely guided by sustainable development-related concerns. Financial and political aspects will also play a role. We can clearly see in the way in which the large metropolises present and promote themselves that energy and climate issues are still very often being replaced by the desire to showcase a masterful modernity, to claim the lion's share in the economic competition between world super-cities. The symbolic significance of the business district and the race for height are not dead and in fact seem to seek legitimacy in the pursuit of a virtuous density.

But this model, of which Shanghai appears to be the flagship, directly opposes the vision of a city at one with its natural environment, allowing the cycle of nature to shape its form and the way it functions. In some ways, sustainable communities have initiated this movement, with their different consideration for spatial organization, their aspirations of local energy supply, their water recycling projects and their adaptability in terms of transport.

A primary aim in all projects of this nature is to be less dependent in the future on centralized water and energy supplies, making communities far more robust in the face of climate-related risks.

Whilst not claiming to provide all the answers for the city of the next Century, the ideas behind these local areas can contribute to shaping the urban agglomeration of the future, and can do for our age what Howard's "garden-cities" and Garnier's "city of industry" did at the start of the 20<sup>th</sup> Century.

## Promouvoir une organisation urbaine anticipant les mutations climatiques et énergétiques



### Concevoir la ville compacte et économe

densifier l'agglomération centrale et les pôles secondaires en valorisant notamment les potentiels urbains bien desservis par les TC

Encourager le développement et la valorisation du transport fluvial, des transports collectifs et des circulations douces

encourager le transport par voie d'eau

### L'énergie, ressource vitale stratégique

Développer les réseaux de chaleur en favorisant la géothermie

encourager en Île-de-France l'exploitation de la géothermie profonde (exploitabilité de la ressource Dogger à considérer)

exploitation existante de géothermie profonde

### Diversifier et encourager le développement des autres énergies renouvelables et locales

encourager le développement de l'énergie éolienne

encourager la valorisation de la biomasse à des fins énergétiques

### Consolider l'approvisionnement énergétique

dépôts pétroliers stratégiques

protéger les stockages souterrains de gaz existants

### Prévenir des impacts du changement climatique

prévenir des inondations, réduire la vulnérabilité

préserver les grandes zones d'expansion des crues et soutenir les actions interrégionales de prévention des crues

valoriser le végétal en ville

considérer le caractère stratégique des espaces ruraux (stockage du carbone, infiltrations, maîtrise du ruissellement, productions agricoles de proximité)

préserver les possibilités de migration des espèces animales et végétales par le maintien des corridors écologiques

0 10 km

Source : Laurif, BRGM, Arene, Ademe, DIRE Île-de-France  
© Laurif 2007

# La ville face au réchauffement climatique

entretien avec Mireille Ferri

Vice-présidente, chargée de l'aménagement du territoire et de l'égalité territoriale,  
des contrats régionaux et ruraux au Conseil régional d'Île-de-France

À l'occasion de la réalisation, par Anouchka Dyephart, de six courts métrages, joints à ce Cahier, sur cette thématique Mireille Ferri a répondu aux questions de Gérard Lacoste.

**Les Cahiers :** Le réchauffement climatique, tout le monde en parle aujourd'hui. On en parle de plus en plus dans les médias et dans le monde politique. N'y a-t-il pas un risque de saturation ?

**Mireille Ferri :** Je ne pense pas que le risque soit celui de la saturation. Nous sommes en phase de dérèglement climatique qui se traduit à la fois par une aggravation de tous les aléas climatiques (canicules, sécheresses,...) et par un réchauffement global. Nous devons en parler de plus en plus souvent et de plus en plus précisément. Même la polémique nous aide car il faut que cette réflexion se poursuive et s'approfondisse.

**Les Cahiers :** Aujourd'hui les scientifiques semblent unanimes. Ils nous ont fixé un objectif qui s'appelle le Facteur 4. Le Facteur 4, c'est quoi ?

**M. F. :** Pour ne subir qu'un niveau de réchauffement gérable, dans les décennies qui vont suivre, nous devons diviser par quatre nos émissions de gaz à effet de serre, notamment de CO<sub>2</sub>, dans un temps très court (vingt à quarante ans). Il nous faut marteler le raisonnement qu'une division draconienne et rapide par quatre ne fait que stabiliser le réchauffement à un niveau encore acceptable. Ce n'est pas utopique, c'est vital. Cela nous oblige à modifier nos modes de déplacements, la manière dont nous nous répartissons dans l'espace, à diminuer par exemple les trajets domicile-travail, à isoler et à chauffer différemment les maisons... À produire autrement de l'électricité ou de l'énergie en général : mais la question de la production alternative d'énergie vient sans doute après celle de la modification de nos comportements de consommateurs.

**Les Cahiers :** Pour relever ce défi, les gens fondent des espoirs sur différentes choses. Il y a ceux qui espèrent que la science et la technique vont apporter la réponse. D'autres pensent que l'État, grâce à la réglementation et la fiscalité,

va résoudre une partie du problème. D'autres encore pensent qu'il faut agir sur les comportements pour les faire évoluer. Pour vous, quelles sont les pistes les plus importantes à vos yeux ?

**M. F. :** Sans doute les nouvelles technologies pourraient offrir demain d'autres formes de production de l'énergie. Mais ces innovations indispensables s'inscrivent dans une échelle de temps lointaine. Or, la nécessité de diviser par quatre nos émissions de polluants s'impose à nous dès aujourd'hui, ce qui implique une mutation très rapide des comportements individuels et collectifs. L'État doit prendre ses responsabilités et donner l'exemple, à travers le financement massif de programmes de recherche, à travers des réglementations contraignantes tant pour le citoyen-consommateur que pour les industriels, en revoyant sa fiscalité sur les carburants (en osant s'attaquer à la défiscalisation abusive du diesel...). Il faut rapidement mettre en place les mesures d'intervention sur le parc bâti ancien en multipliant les encouragements à la rénovation et à l'isolation, ce qui peut être accompagné par la puissance publique au niveau de l'État (amplification des crédits d'impôts) comme des collectivités (prêts garantis, subventions,...). Il nous faut surtout agir par l'éducation et la sensibilisation : sans modification de notre représentation du monde, sans conscience claire des enjeux et des marges d'action, aucune mesure technique, économique ou réglementaire n'atteindra son objectif.

**Les Cahiers :** Nous sommes à Vitry-sur-Seine, au cœur de la métropole francilienne. Que peut signifier le changement climatique pour une grande métropole comme l'Île-de-France ?

**M. F. :** Le dérèglement climatique se traduit, d'une part, par une hausse des températures qui a des effets importants sur tout ce qui concerne la biodiversité et, d'autre part, par une aggravation de tous les aléas climatiques :



aggravation de la sécheresse, aggravation des inondations, canicules, pics de froid... Nous sommes en bord de Seine. Le risque majeur que nous pouvons craindre est celui d'inondations d'ampleur peu connues et surtout de fréquences plus rapprochées qu'elles ne le sont aujourd'hui.

Comment faire face demain à ces risques sans renoncer de vivre là où nous sommes ? Comment gérer le risque d'inondation demain en Île-de-France sans fuir la Seine, sans interdire les installations au bord du fleuve ? Comment des nouveaux matériaux, des nouveaux types de construction, des nouveaux réseaux peuvent-ils nous protéger des aléas ? Comment les tempêtes, si elles venaient à se reproduire – nous en avons connu en 1999 et au début des années 2000 –, peuvent-elles ne pas mettre en péril tous nos réseaux, ne serait-ce que celui du transport de l'électricité ? Comment pouvons-nous anticiper une pénurie d'eau née d'une sécheresse exceptionnelle ? Comment pouvons-nous anticiper une canicule ? L'innovation est la clef : tester des matériaux, des architectures, des organisations, des systèmes de gestion qui relèvent d'une nouvelle culture du



*«Une pénurie d'eau née d'une sécheresse exceptionnelle doit être anticipée.»*

S. Rossi/laurif

risque. Je la définirais ainsi : accepter la réalité du bouleversement et vouloir l'assumer, nous préparer à affronter sereinement une incertitude dont l'ampleur nous bouscule.

**Les Cahiers :** Vous êtes en charge de l'aménagement du territoire francilien. En quoi l'aménagement peut-il nous aider à répondre à ce défi ?

**M. F. :** Nous venons de parler de l'obligation d'articuler comportement individuel et organisation collective. L'aménagement du territoire prend évidemment en compte cette réflexion. Le Schéma directeur de la région Île-de-France (Sdrif), dont nous avons adopté le projet en février dernier, met ainsi en évidence trois défis : la réduction

des inégalités territoriales et sociales ; la prise en compte des contraintes environnementales, notamment les questions climatiques et énergétiques ; la nécessité d'asseoir la compétitivité économique de l'Île-de-France sur l'innovation et l'adaptation aux transformations du monde.

Concrètement, la première approche concerne le logement. Nous devons construire 1,5 million de logements dans notre région en vingt ans. Nous proposons pour cela une densification des zones urbaines existantes, seule alternative à l'étalement urbain que tous condamnent aujourd'hui. Pour cela, il faut produire de la ville de qualité. Le conseil régional vient de créer, avec le soutien de l'État un nouveau dispositif pour construire des «nouveaux quartiers urbains». Il s'agit d'appuyer les collectivités «bâtisseuses» en apportant un bonus financier de l'ordre de 10 000 euros par logement, si plusieurs conditions sont remplies : que le quartier ne comporte pas uniquement des logements mais aussi des activités et des services, que les logements sociaux soient pris en compte, que l'espace public favorise la mixité sociale, que l'ambition soit réelle sur les problématiques environnementales (énergie, biodiversité, gestion de l'eau, innovations diverses...), que les réseaux de transport collectifs soient pensés dès l'origine.

L'autre chapitre, directement lié, est celui du développement des réseaux de transport. L'accent est clairement mis sur le développement des transports collectifs, essentiellement ferroviaires. Le conseil régional propose ainsi de construire une très grande rocade de type RER autour de la zone agglomérée centrale, reliant les têtes de métro dont certaines sont par ailleurs prolongées. Pour la première fois, une planification du transport de fret est esquissée : organisation des zones logistiques, réflexion sur les lignes de fret ferroviaire et leur modernisation...



*«Il nous faut craindre des inondations d'ampleur peu connues et surtout de fréquences plus rapprochées qu'elles ne le sont aujourd'hui.»*

Brigade des Sapeurs Pompiers de Paris



*Avant de penser à produire différemment par le biais d'énergies alternatives, il faut rendre nos formes de consommation plus efficaces.*

J.-C. Pattacini/Urba Images/laurif

Le parti d'aménagement du Schéma directeur présente également des logiques cohérentes avec les questions énergétiques. En proposant des bassins de vie organisés autour de pôles urbains confortés, dans la zone agglomérée centrale comme dans les zones plus rurales, nous souhaitons obtenir une meilleure localisation des emplois comme des logements afin de résorber les déséquilibres actuels (notamment sud-ouest/nord-est), une affirmation des pôles centraux de ces bassins de vie pour organiser et développer les réseaux de transport collectif.

Voici des manières très précises, très concrètes et en même temps très significatives, d'anticiper les effets du dérèglement climatique et de protéger des populations qui risquent de nous demander des comptes demain.

Nous sommes ici sur le toit de l'usine de production d'électricité de Vitry-sur-Seine, dans un paysage comprenant également une usine traitant les déchets de Paris en les incinérant et

un réseau de chauffage urbain. Le fait de connecter les trois équipements pour bénéficier de l'apport de chacun d'entre eux représente l'une des voies importantes pour résoudre nos problèmes énergétiques. Avant même de penser à produire différemment par le biais d'énergies alternatives, il faut rendre plus efficaces nos formes de consommation, ce qui passe, à mon sens, par une autre conception de la ville, par une compacité des sites urbains...

On nous présente aujourd'hui des lotissements extraordinaires, avec des logements qui sont tous à Haute qualité environnementale (HQE) et parfois même à énergie positive, c'est-à-dire produisant plus d'énergie qu'ils n'en consomment. Certes, mais pour accéder à ces lotissements et aller travailler, aller au cinéma, aller faire du sport, aller faire des courses à partir de ceux-ci, les personnes dépensent beaucoup plus d'énergie que si elles habitaient dans une maison classique

située dans un centre urbain bien desservi. Il nous faut réfléchir de manière un peu plus globale et nous méfier, je crois, des faux amis.

**Les Cahiers :** Vous avez cité le logement, les transports, l'industrie, les trois principaux secteurs consommateurs d'énergie. Souhaitez-vous agir prioritairement sur certains d'entre eux pour réduire les consommations d'énergie ?

**M. F. :** L'opinion la plus répandue est qu'il faut prioritairement agir sur les transports. Toutefois, remplacer directement le transport automobile par du transport collectif ne va pas de soi. Au-delà même de la question du transport, c'est bien toute notre organisation spatiale qui est à penser en matière de consommation énergétique. Pour réduire les consommations globales d'énergie de façon draconienne, sans aggraver les inégalités entre les citoyens, et sans entrer dans une phase de récession, nous devons jouer sur

l'organisation de l'espace (la proximité, la compacité des zones bâties...), sur l'organisation des transports et sur la qualité globale de ces zones urbaines nouvelles : la densité doit rimer avec la qualité architecturale (forme, matériau, respects de l'intimité des habitants, sécurité des espaces...) et avec la qualité de l'espace public (présence de zones de nature, de services, de commerces, de lieux d'animation de la vie collective,...).

Aujourd'hui, le «gisement» le plus important d'économies d'énergie est situé dans le bâti. Pour le dire simplement, les questions de chauffage ou de climatisation sont tout aussi fondamentales que celles liées au transport.

Viennent ensuite les nouveaux modes de production d'énergie. Nous connaissons la plupart des techniques, le défi réside plutôt dans le seuil à franchir pour passer de la petite production localisée à une échelle quasi-industrielle.

**G. L. :** Vous avez donné des échelles de temps pour atteindre le Facteur 4 : vingt, trente, quarante ans. Dans vingt, trente ou quarante ans, la ville dans laquelle nous vivons est déjà construite en partie. Comment est-il possible de la transformer ?

**M. F. :** La transformation se fait à deux niveaux : la rénovation des bâtiments construits (architecture, matériau, isolation thermique, modes de chauffage...) et l'organisation de la zone urbaine (gestion des transports, organisation des réseaux, répartition des activités...).

C'est difficile, coûteux et long ! Mais indispensable. Techniquement, tous les procédés nécessaires sont aujourd'hui accessibles, même si leur transposition à une très grande échelle doit conduire à les améliorer encore. Cela serait d'ailleurs un moteur économique dont nous devons tirer le meilleur

part, y compris pour montrer la capacité d'innovation de l'Île-de-France. Néanmoins pour réussir, il nous faut surtout mobiliser les acteurs, déterminer les moyens, articuler les politiques.

La première étape consiste à créer la prise de conscience globale pour mobiliser les particuliers comme les entreprises. L'information du public, les actions de sensibilisation sont fondamentales. Je répète qu'on ne parlera jamais assez des questions énergétiques, même de façon polémique.

Il faut également mobiliser des moyens financiers considérables qui pour la plupart n'existent pas encore. L'État devra affecter des ressources bien plus importantes qu'il ne le fait à ce jour. Ce serait un mode d'évaluation intéressant des orientations du Grenelle. D'autres modes de constitution de fonds en soutien à ces politiques de rénovation doivent aussi être envisagés : pourquoi pas un grand emprunt public ? Un système de prêt à taux zéro garanti par la Caisse des Dépôts remboursé grâce aux «économies» effectuées sur les consommations énergétiques ?



*Action de sensibilisation sur le tri des déchets auprès d'un jeune public.*

Union européenne

Il faut aussi un lieu d'articulation forte des politiques publiques en matière de logement, de transport, d'urbanisation. L'échelle régionale me semble toujours la plus adaptée, en coordination avec les intercommunalités que nous devons soutenir dans leur montée en puissance.

**Les Cahiers :** Les nouveaux quartiers urbains dont vous avez parlé se situent-ils hors des murs, en grande périphérie ou peuvent-ils aussi concerner la proche couronne, les communes limitrophes de Paris ?

**M. F. :** Ils peuvent se situer partout ! Dès que l'ambition manifeste est de participer à la construction forte de nouveaux logements dans un quartier exemplaire par sa prise en compte des questions sociales, environnementales et de développement de l'emploi, le conseil régional souhaite apporter un soutien dont le montant est calculé en fonction du nombre de logements construits au-delà du point mort.

Plusieurs sites «pilotes» ont été retenus, plutôt en rénovation urbaine dans la zone agglomérée centrale : sur les docks de Saint-Ouen, à Sceaux, à Pantin... nous examinons quels sont les possibilités d'accompagner l'effort des communes.

Parallèlement, des territoires très ruraux peuvent aussi bénéficier de ce dispositif si, là encore, l'effort de construction de logements neufs diversifiés est fort et si le projet global de développement entre dans les critères retenus. L'objectif serait plutôt dans ce cas de renforcer les polarités urbaines visées par le Schéma directeur. N'oublions pas que l'étalement urbain touche évidemment les zones rurales en premier lieu et qu'il est primordial de trouver des alternatives auprès des communes ou des intercommunalités les plus directement concernées.





*Le projet des docks de Saint-Ouen est un site pilote de nouveau quartier urbain, pour lequel l'aide régionale sera proportionnelle au nombre de logements construits.*

P. Raynaud/Mairie de Saint-Ouen

**Les Cahiers :** En guise de conclusion, Mireille Ferri, par rapport à ce défi, quels sont pour vous les risques et les dangers les plus importants sur lesquels vous aimeriez insister ?

**M. F. :** Le premier risque serait de continuer à imaginer le développement de l'Île-de-France en se basant sur les éléments du passé que nous connaissons bien et en oubliant d'entendre la petite musique nous disant que le monde va changer. La nécessité d'affronter l'avenir nous impose de modifier nos politiques de recherche et la manière dont le monde économique appréhende les grands enjeux de demain. Elle nécessite aussi de penser différemment notre insertion au niveau mondial. La compétitivité de l'Île-de-France repose sur notre capacité à innover pour répondre à des besoins nouveaux. Il nous faut réagir très vite. Il en va de l'avenir et du bien-être des populations franciliennes, de la santé de notre économie, de l'image de l'Île-de-France et – excusez-moi de finir sur une note un peu alarmante – de la vigueur de notre démocratie. Je reste persuadée que les questions liées au dérèglement climatique et à la santé peuvent être, si elles sont bien traitées,

des facteurs de dynamisme et, en cas contraire, porteuses de peurs, de repli sur soi-même, voire de régression démocratique.

**Les Cahiers :** Nous avons évoqué les risques et les craintes. Mais une grande région comme l'Île-de-France, par rapport à ce changement, a peut-être des atouts spécifiques à faire valoir.

**M. F. :** L'Île-de-France a, en effet, des atouts extraordinaires à faire valoir. Elle fait partie des régions du monde ayant le potentiel de recherche le plus développé. Elle bénéficie à la fois de la jeunesse de sa population, de son réseau de recherche, de son développement économique. Elle peut mobiliser ses capacités financières (elle n'est pas la région la plus pauvre du monde !), sa force intellectuelle, sa puissance démographique, elle bénéficie de la présence d'un fleuve et de rivières merveilleuses, d'un climat qui reste encore tempéré, d'une géographie «heureuse».

Nous savons et nous pouvons. Si l'Île-de-France n'anticipe pas sa mutation, qui pourra le faire ?

# The city and global warming

interview with Mireille Ferri

Vice-Chairwoman of the Regional Council responsible for regional development, territorial equality, regional and rural contracts

As six short films's making of on this topic (enclosed in this Cahier), Mireille Ferri answered Gérard Lacoste's.

**Les Cahiers:** Today, everyone is discussing climate change. Increasingly, this issue is the focus of the media and the political world. Do you think there's a risk of reaching saturation point?  
**Mireille Ferri:** I don't believe that the risk is one of saturation. We are currently experiencing the effects of climate change. This manifests itself in a heightening of all climate-related risks such as heatwaves and droughts, and in general global warming. We need to discuss this matter more; more often and with more accuracy. The controversy surrounding the issue works in our favour as the thinking process needs to be constantly pursued and deepened.

**Les Cahiers:** Today, it seems that scientists are unanimous. They have set us a target referred to as Factor 4. What does this Factor 4 stand for?  
**M. F.:** Over the forthcoming decades, in order for this warming to get to a manageable level, our greenhouse gas emissions need to be cut by 4, notably in so far as CO<sub>2</sub> is concerned, and we must do this over a very short period of time (over 20 to 40 years). We must emphasise the point that a drastic and fast cut by a factor of 4 is essential, merely to stabilize the warming to an acceptable level. This is no utopia, it is a matter of life and death. It will force us to change the way we travel, the way people are distributed in spatial terms, to reduce – for example – commuting distances, to insulate and heat our homes differently... to produce the power, or more generally the energy we use in different ways: but the issue of alternative energy production no doubt comes after the issue of changing our consumer behaviour.

**Les Cahiers:** In order to take up this challenge, people have put their hopes in different things. There are those who hope that science and technology will provide a solution. Others believe in the 'carrot and stick' approach, and think that the State, thanks to its regulations and tax policy will solve part of the problem. Others still think we must convince people to change their behaviour. In your opinion, what are the most important options?  
**M. F.:** There is no doubt that new technologies of tomorrow could create other forms of energy production. But these essential innovations are set in the distant future. Yet, the necessity facing us today of reducing our polluting emissions by a factor of 4 implies a very quick mutation of individual and collective behaviours. The State

must take up its responsibilities and show the way forward, by giving massive funding support to research programmes, by implementing constraining regulations for the consumer-citizen as well as for the industrial sector, by reviewing its tax policy on petrol (daring to tackle the issue of the abusive tax exemption of diesel...). We must very quickly put in place the required actions regarding old buildings by multiplying incentives for people to carry out renovation and insulation of their homes, this can be followed up by the authorities at State level (increase in tax credits) as well as at the level of local authorities (guaranteed loans, subsidies...). Most importantly, we must educate and raise awareness: if we don't change our representation of the world, if we haven't a clear awareness of the issues and the margins of action, no technical, economic or regulatory measure will meet its objective.

**Les Cahiers:** We are now in Vitry-sur-Seine, at the heart of the Paris metropolitan region (Île-de-France). What can the implications of climate change be for such a large metropolis?  
**M. F.:** The pattern of climate disruption is evident through several factors, higher temperatures with significant effects on biodiversity, through a worsening of all climate-related phenomena: worse droughts, floods, heatwaves, cold peaks... We are located on the banks of the River Seine. The major risk to be feared is flooding of previously unseen magnitude and, most importantly, higher frequency than today.

How can we face these future risks without giving up the areas we have populated? Tomorrow, in the Paris Region how can we manage flood risk without retreating from the Seine, without banning settlements along the river? How can new materials, new building designs, new networks protect us from these risks? If storms were to recur – like those we experienced in 1999 and in the early 2000's – how can we avoid jeopardizing our infrastructure, even just the distribution of power. What can we do to anticipate a water shortage arising from an exceptionally severe drought? What can we do to anticipate a heatwave?  
Innovation is the key: testing building materials and designs. Organizations and management systems are part of a new risk culture. I would define it as follows: accepting the reality of disruption and being willing to embrace it will prepare us to cope calmly with these worrying uncertainties.

**Les Cahiers:** You are in charge of the spatial planning of the Paris Region. In what way can spatial planning help us in taking up this challenge?  
**M. F.:** We have just been talking about the requirement to articulate between individual behaviour and collective organization. Spatial planning obviously takes this consideration into account. The Paris Region Master Plan, whose project was adopted in February of this year, highlights these three challenges: the reduction of territorial and social inequalities; the inclusion of environmental constraints in policy, notably with regards to climate and energy-related issues; the necessity to strengthen economic competitiveness of the Paris Region in terms of innovation and adaptation to global changes.

In concrete terms, the first approach involves housing. In our region, 1.5 million housing units must be built in the next 20 years. To achieve this objective, we support a densification of existing urban areas, as the only alternative to urban sprawl which, today, is at long last universally condemned. To make this possible, we must deliver a high quality urban environment. The Regional Council is establishing, with the support of the State, a new structure delivering "new local urban areas". This involves supporting local authorities by offering a financial bonus in the region of € 10,000 per housing unit built. Several requirements must be met: the urban locality cannot be confined to housing units but also accommodate businesses and services. Social housing must be taken into account, the public realm must encourage social diversity, there should be real ambition with regards to environmental issues (energy, biodiversity, water management and various other innovations...), public transport networks must be considered and designed at the outset of the project. The other strand directly related to this point is the development of transportation networks. The emphasis is clearly on the development of rail-based public transport. The Regional Council has put forward a plan for an extensive high-speed rail network by-passing the core urban area, linking up all metro terminus stations, some of which will be extended. For the first time, a plan for a freight transportation system has been sketched: from the design of the actual logistics, to the available options regarding the upgrading of current freight services. The section of the Master Plan focused on spatial planning also includes coherent approaches with regards to energy issues. By putting forward

catchment areas organized around strengthened urban cores, as in more rural areas, we want to achieve a better localization of jobs and housing in order to reduce the current unbalances (notably South-West/North-East). Organizing and developing the public transport networks will assist in the strengthening of these central cores. These are very precise, very concrete and at the same time very significant ways to anticipate the impacts of climate change, and to safeguard the generation who very likely, will hold us accountable tomorrow.

We are here on the rooftop of the Vitry-sur-Seine power plant, in our immediate landscape is one of Paris' incineration waste processing plants, which also provides a network of urban heating. Connecting these three infrastructures so that we may gain from the contribution of each, represents one of the key channels through which we can solve our energy-related issues. Before beginning production through alternative energies, we must make our current forms of generation and consumption more efficient, which goes hand-in-hand, as far as I am concerned, with the different urban system resulting from compacting urban areas.

Today, we are presented with amazing ecological housing estates, including High Environmental Quality housing units that can sometimes achieve positive energy, that is to say they produce more energy than they consume. Surely, to access these housing estates, to get to work, to the movies, to exercise, to shop from these locations, people can end up using more energy than if they were living in standard housing in the well serviced urban core. We must think in a more global way and be wary, this is my belief, of deceptive cognates.

**Les Cahiers:** You have mentioned housing, transport, industry, the three main sectors of energy consumption. Do you plan to focus on one in particular to cut down energy consumption?

**M. F.:** The most widespread issue on which we must primarily act is transportation. However, directly replacing car transport by public transport is not simple. Beyond the issue of transport, we have to consider spatial organization when we think of energy consumption. In order to achieve a drastic reduction in global energy consumption without increasing social inequalities and without provoking a recession, we must redesign our infrastructure; proximity of facilities, compactness of built areas, transportation, and the global quality of new urban areas. Density must go hand in hand with architectural quality; form, materials, respecting the privacy of inhabitants, the safety of public spaces, and with the quality of public space; the presence of green areas, essential services, and retail and recreational areas for the public.

Today, the most significant area of potential energy savings is in the domestic environment. Quite simply, heating or air conditioning matters are as fundamental as those linked to transport. Alongside this we have the new methods of energy production. We are aware of these tech-

niques, the challenge is more in reaching the threshold enabling us to move from small local production to an industrial scale.

**Les Cahiers:** You have set out timescales the Factor 4 plan should follow: 20, 30, 40 years. The urban area we will be living in 20, 30 or 40 years is already partly built. How is it then possible to transform it?

**M. F.:** The transformation operates on two levels: the renovation of built heritage through changes in architecture, materials, heat insulation, heating modes etc, and the organization of the urban area such as transport management, network organization, and distribution of essential activities.

This is a tough, costly and long process! But we cannot reject it. Technically, all the necessary instruments can be accessed today, even if further improvements are needed to adapt them to a larger scale. Besides, this would be an economic driver which we must utilise, to demonstrate also the Paris Region's capacity for innovation. Nevertheless, in order to be successful, we must primarily mobilize stakeholders, we must determine means and articulate policies.

The first step is about creating a global awareness in mobilizing individuals as well as businesses. Public information, awareness-raising actions are key. I must emphasize this point once again, there will never be too much said on energy issues, even if they often lead to controversy.

We must also mobilize significant financial means that are not currently in place. The State will have to earmark much greater resources than those made available today. This could be an interesting way of assessing the Grenelle Environmental Conference policy orientations. Other ways of setting up funds to support these policies of renovation must also be explored: why not set up a large public loan facility? What about a zero interest loan system backed by the Deposit and Consignment Office, repayable thanks to the savings achieved through lower energy consumption?

We also need a strong core where public policies are articulated in terms of housing, transport and urban development. The regional scale always seems to me the most beneficial level, along with associations between regions, and we need to support this dimension as it develops.

**Les Cahiers:** Will the new urban areas you mentioned be located outside the city walls, in the greater urban periphery or can they impact the area closer to the inner city and the municipalities surrounding Paris?

**M. F.:** They can be located anywhere! If there is an ambition to engage in large, new housing development projects in a flagship part of an urban area, exemplifying a consideration of social, environmental and job development matters, the Regional Council then contributes financially, the amount being calculated according to the number of housing units being built beyond the point at which the project breaks-even.

Several pilot sites have been selected, focusing more on urban renovation in the core urbanized area: on the Saint-Ouen Docks, in Sceaux, in Pantin... We are exploring the opportunities to bring ongoing support to the efforts of municipalities.

In parallel to this, very rural territories can also benefit from this scheme if the building effort in terms of new and varied forms of housing units, is strong, and if the global development project fits into the specified criteria. In this case, the objective would rather be about reinforcing urban polarities targetted by the Master Plan. Let us not forget that urban sprawl obviously primarily affects rural areas, and that it is key to find alternatives with municipalities or associations of municipalities which are the most directly impacted.

**Les Cahiers:** As a conclusion Mireille Ferri, regarding this challenge, what according to you are the most important risks and dangers which you would like to stress?

**M. F.:** The first risk would be to keep on regarding the Paris region development using analyses based on elements from the past of which we are well aware, and by closing our ears to the faint musical tune telling us the future the world is facing, and that it will force us to change our research policies and the way the business world approaches the key issues of tomorrow. This requires a different mode of thinking regarding our positioning at a global level. The competitiveness of the Paris Region lies in our innovation capacity to meet new needs. We must act very quickly. It is about the future and well-being of the population of the greater Paris region, it is about the health of our economy, it is about the image of the Paris Region and – excuse-me if I have to conclude on a slightly alarming note – it is about the dynamism of our democracy. I am convinced that matters related to climate change and health can, if they are properly dealt with, be factors of dynamism and if this is not the case, they can be drivers of fears, of turning in on oneself and even of democratic regression.

**Les Cahiers:** We have been touching on the risks and fears brought about by these issues. Yet, in relation to this change, an important region such as the Paris Region, may have specific assets to put forward.

**M. F.:** Actually, the Paris Region does have amazing assets to utilize. It belongs to those global regions that have the most highly developed research potential. It benefits from the youth of its population, its research network, its economic development. The Paris Region can mobilize its financial capacities (it is not the poorest region in the world, far from it!), its intellectual strength, its demographic power, it benefits from the presence of the River Seine and other great rivers, a mild climate; altogether an advantageous geographical position.

We are aware of these issues and we can facilitate change. If the Paris Region does not anticipate its own evolution, who will?



# Energy constraints and urban changes: seven workshops about a planning based approach

In view of the deadlines they involve and their likely magnitude on the global, European, national, regional and local scales, climate change and energy constraints have been the focus of many discussions. This is the reason why, Iaurif has initiated a forecast discussion so as to address the impact of energy constraints on the way the Paris Region functions and on the changes to anticipate in Île-de-France. The purpose is to support elected politicians in the Region and decision makers more generally in organizing the city of tomorrow with the knowledge of emerging environmental elements.

This project initiated and lead by Gérard Lacoste, Deputy General Director of Iaurif has been developed on a multi-disciplinary approach, highlighted in the *Cahier de l'Iaurif*, with a view to:

- reviewing the knowledge available at the level of the region for dissemination amongst spatial planning officials and planning practitioners ;
- highlighting the substance of a further programme looking into areas involving uncertainties ;
- identifying possible levers for both medium and long term actions

Co-piloted by Iaurif, the Île-de-France Regional Council and the Regional Agency for Energy and Environment (Arene), a cycle of seven workshops was held between October 2006 and October 2007. These events brought together researchers, local decision-makers and private stakeholders. Energy constraints' impact and issues involved were the core matters of a wide-ranging discussion from the point of view of regional spatial planning over the forthcoming 25 years.

**Workshop 1:** Risks related to energy and issues related to climate change

**Workshop 2:** Housing and tertiary buildings in relation to energy-related issues

**Workshop 3:** Paris Region passenger transport in view of energy consideration

**Workshop 4:** Economic activities generating and consuming energy

**Workshop 5:** Management of space: urban forms, densities and energy issues

**Workshop 6:** Rural space and local renewable energy production

**Workshop 7:** Opinions and behaviours, drivers of change

These workshops have been developed by a team including Erwan Cordeau, Geneviève Danchin, Virginie Descamp, Anne-Marie Legrand, Pascale Leroi, Hervé Lerolle, Lucile Mettetal and Louis Servant, under the supervision of Gérard Lacoste, with the support of Véronique Lamblin of the *Futuribles* group.

In order to illustrate this set of themes, a DVD consisting of six short films based on interviews with Mr. Pierre Radanne and Ms Mireille Ferri, has been included in the Cahier.

List of interviews and shorts as follows:

- «Energies and society»
- «Risks related to climate»
- «Action for energie»
- «New urban communities»
- «Transports and compactness»
- «Landscape, energies»

# Contraintes énergétiques et mutations urbaines : sept ateliers pour une réflexion prospective copilotés par l'Iaurif, le Crif et l'Arene

Le changement climatique et les contraintes énergétiques font l'objet de débats nourris sur leur échéance et l'ampleur des effets probables, au niveau planétaire ou à des échelles plus locales. De fait, les grandes métropoles se préoccupent de plus en plus de ces mutations perçues aujourd'hui comme très probables voire inéluctables.

C'est la raison pour laquelle, l'Iaurif a engagé un travail collectif avec de multiples partenaires pour établir un diagnostic approfondi et chercher à cerner l'impact de ces mutations sur le fonctionnement de l'agglomération francilienne.

Cette démarche qui a réuni tout au long de l'année 2007 experts, élus régionaux, représentants associatifs, décideurs publics et privés... a permis de partager les connaissances les plus récentes sur ces sujets mais aussi à cerner les sujets insuffisamment élucidés ; de débattre sur les enjeux et les moyens d'y répondre, bref, de conduire une réflexion collective visant à esquisser la ville de demain dans ses multiples dimensions.

Ce travail, synthétisé dans ce *Cahier de l'Iaurif*, s'est organisé autour d'une réflexion pluridisciplinaire dont l'objectif visait à :

- faire le point sur les connaissances à l'échelle de la région, et les partager avec les responsables de l'aménagement et de la planification ;
- dégager les axes d'un programme d'études ultérieur sur les sujets méconnus ;
- identifier les leviers possibles pour les actions à moyen et long terme.

Un cycle de sept ateliers, copilotés par l'Iaurif, le Conseil régional d'Île-de-France et l'Agence régionale de l'environnement et des nouvelles énergies (Arene), s'est déroulé entre octobre 2006 et octobre 2007.

Ces ateliers ont permis d'aborder les thèmes suivants :

- Atelier 1** : Les risques énergétiques et les enjeux liés au changement climatique
- Atelier 2** : L'habitat et les bâtiments tertiaires face aux enjeux énergétiques
- Atelier 3** : Les transports franciliens de personnes face aux enjeux énergétiques
- Atelier 4** : Les activités économiques productives et consommatrices d'énergie
- Atelier 5** : La gestion de l'espace : formes urbaines, densités et enjeux énergétiques
- Atelier 6** : L'espace rural et la production locale d'énergies renouvelables
- Atelier 7** : Opinions et comportements, les moteurs du changement

Ils ont été organisés par une équipe composée d'Erwan Cordeau, Geneviève Danchin, Virginie Descamp, Anne-Marie Legrand, Pascale Leroi, Hervé Lerolle, Lucile Mettetal et Louis Servant, sous la direction de Gérard Lacoste, assisté de Véronique Lamblin du groupe Futuribles.

Afin d'illustrer la thématique, un DVD, composé de six courts métrages réalisés par Anouchka Dyephart à partir des interview de Pierre Radanne et de Mireille Ferri, accompagne le Cahier (en fin d'ouvrage) :

- «Énergies et société»
- «Aléas climatiques»
- «Actions pour l'énergie»
- «Nouveaux quartiers urbains»
- «Transports et compacité»
- «Paysage, énergies»

© IAU Île-de-France



© IAU Île-de-France



# Les risques énergétiques et les enjeux liés au changement climatique

Le changement climatique et les contraintes énergétiques font l'objet de débats nourris sur leur échéance et leur ampleur probables au niveau planétaire, européen, national, régional et local. Au-delà de ces débats, le sens des évolutions à venir semble communément admis. C'est la raison pour laquelle, l'important est aujourd'hui de s'interroger sur leurs conséquences concrètes dans le fonctionnement de l'agglomération francilienne, ainsi que sur les mutations qu'il convient d'anticiper en Île-de-France.

Ce sujet a été abordé dans un cycle de sept ateliers de prospective thématique entre octobre 2006 et octobre 2007. Ces ateliers ont associé chercheurs, décideurs locaux, acteurs privés, et ont été copilotés par l'Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Île-de-France (Iaurif), le Conseil régional d'Île-de-France et l'Agence régionale de l'énergie et de l'environnement (Arene). Les conséquences et les enjeux de la contrainte énergétique y ont largement été abordés sous les aspects de l'aménagement régional à l'horizon des vingt-cinq ans à venir.

Ce premier atelier cherche à cadrer la problématique liant les tendances et incertitudes du changement climatique et des risques énergétiques, en présentant différents scénarios d'impacts sur des horizons temporels variés. Le débat permet de rappeler les tendances avérées et d'identifier les domaines de la vie quotidienne en Île-de-France susceptibles d'être affectés.





J. Browning/sxc.hu

## Les enjeux liés au changement climatique

Pierre Radanne<sup>(1)</sup>  
Cabinet Futur facteur 4

### *Climate change issues*

*The first detailed analysis of the functioning of the Earth's climate and its history over 150,000 years was done in 1985 by a CNRS team from Grenoble, using an analysis of Antarctic ice at depths of up to one kilometre. Progress in the field of chemistry allowed them to calculate of the CO<sub>2</sub> content of air bubbles trapped over time and understand how oxygen isotopes revealed the average temperature of the earth at the moment when the snow fell. This analysis was instrumental in building awareness of the greenhouse effect, and also allowed us to learn, thanks to the discovery of ice deposits more than three kilometres thick, that seven ice ages had occurred during the last 800,000 years. Today, what are the implications for climate change?*

La première analyse fine du fonctionnement du climat terrestre et son historique sur 150 000 ans ont pu être retracés en 1985 par une équipe du CNRS de Grenoble grâce à l'analyse des glaces de l'Antarctique, sur une profondeur d'environ un kilomètre. Les progrès réalisés dans le domaine de la chimie fine ont permis de calculer la teneur en CO<sub>2</sub> à partir des bulles d'air emprisonnés au cours du temps, ainsi que de comprendre le fonctionnement des isotopes d'oxygène en précisant la température moyenne terrestre au moment où cette neige était tombée. À l'origine de la prise de conscience de l'effet de serre, cette analyse a également permis d'apprendre, grâce à la découverte d'un lieu de plus de trois kilomètres de glaces, que sept ères glacières et ères inter glacières se sont succédées durant les 800 000 années écoulées. Quels sont alors, aujourd'hui, les enjeux liés au changement climatique ?

(1) Expert en énergie et climat, consultant, directeur du cabinet Futur facteur 4.



La Terre, vue de l'espace par Apollo 17.

Nasa



Les experts s'inquiètent de l'incidence du surcroît de CO<sub>2</sub> sur les températures atmosphériques.

J.-G. Jules/Aerial/Lourif

Il est tout d'abord important de noter que le CO<sub>2</sub> n'a joué aucun rôle dans la succession d'ères glacières. Les températures de l'atmosphère ont varié au cours des âges en raison de divers phénomènes physiques, notamment les variations de rotation de la terre autour du soleil.

Une relation existe néanmoins entre le CO<sub>2</sub> et les températures de l'atmosphère. L'océan dissout davantage le CO<sub>2</sub> quand il est froid. Au cours des périodes froides, il y a, par conséquent, moins de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère grâce à ce processus naturel de puisage. Par contre un re-largage s'opère au cours de périodes chaudes, qui se traduit par une remontée de la courbe de CO<sub>2</sub>.

La courbe de CO<sub>2</sub> s'envole sur la

période récente en raison de l'utilisation de combustibles fossiles. En 1985, lorsque ce graphisme a été réalisé, le taux de CO<sub>2</sub> était aux alentours de 340/345 parties par million en volume (ppmv). Le taux de 2005 était de 382 ppmv et a encore augmenté en 2006. À partir de ce constat, s'est posée la question de l'incidence de ce surcroît de CO<sub>2</sub> sur la température. En effet, nous sommes confrontés à une situation d'une ampleur et d'une rapidité que la terre n'a jamais connue. La biosphère est un système qui évolue. Les grands cycles bio-géochimiques

vont être modifiés sous l'effet des émissions humaines, notamment le cycle de carbone.

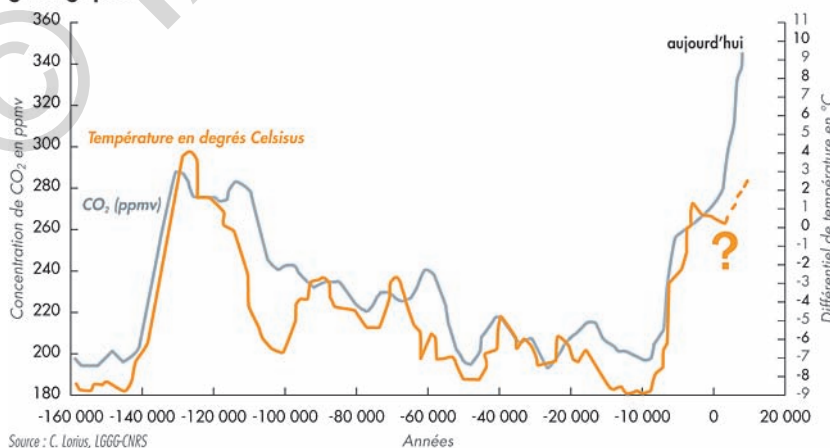
## L'effet de serre et le climat

Dès 1827, Fourier a compris que les gaz pouvaient piéger le rayonnement solaire. Le fonctionnement de l'effet de serre est proche de celui d'une véranda : le rayonnement solaire passe à l'aller mais le rayonnement infrarouge intérieur ne passe pas au retour. À partir des analyses réalisées dès 1985, les scientifiques ont émis deux hypothèses :

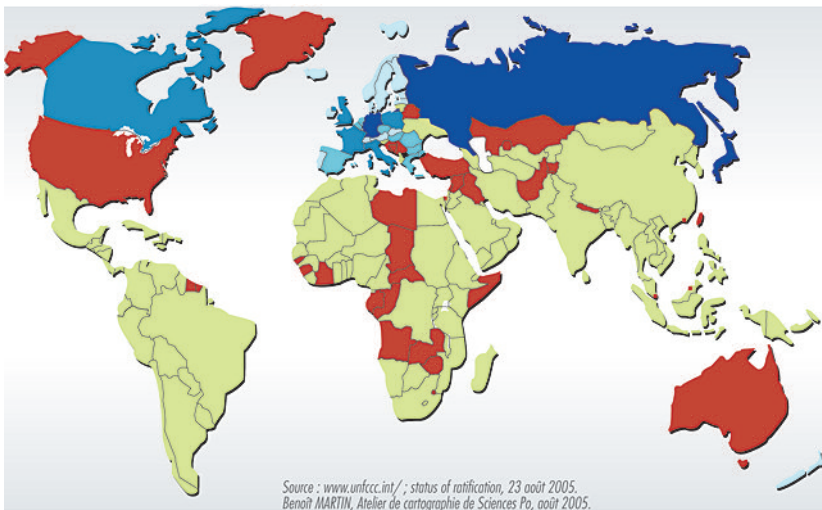
- soit l'humanité ne fait pas le nécessaire pour essayer de maîtriser le climat, alors la planète réagira très rapidement. Le réchauffement qui en découlerait serait de l'ordre de 5,8 ° ;
- soit au contraire, l'humanité lutte pour maîtriser ce réchauffement et la planète réagit lentement. Le réchauffement est alors de l'ordre de 1,6 °.

Sur l'échelle de droite de la courbe d'évolution de CO<sub>2</sub>, la température de 1985 est positionnée à zéro et l'écart

### Évolution des concentrations de CO<sub>2</sub> et des températures au cours des temps géologiques



## Régulation environnementale, protocole de Kyoto 2005



entre la période chaude actuelle et la période glaciaire précédente est de 6 °. Avec 6 ° de moins, la banquise descendait sur une ligne Londres–Amsterdam–Munich ; l’océan était 120 m plus bas qu’aujourd’hui, et la Manche se traversait quasiment à pied. À l’inverse, si les températures continuent d’augmenter, les terres se réchaufferont plus que les océans, le réchauffement des zones tropicales provoquera l’extension des déserts, etc...

D’où l’importance de connaître la teneur du processus de prise en charge par les élus, les dirigeants du monde économique et l’opinion publique mondiale du problème de l’effet de serre.

C’est à partir des années 1980 que les États ont véritablement pris conscience du phénomène.

En 1988, s’est déroulée la première réunion au cours de laquelle les Nations Unies ont intégré un programme sur l’environnement et a été créée l’organisation météorologique mondiale.

En 1992, la conférence de Rio a élaboré un texte de reconnaissance du changement climatique de nature essentiellement qualitative. Ce n’est qu’en 1997 que le protocole de Kyoto a mis en exergue, au-delà des recom-

mandations qualitatives, les exigences quantitatives.

En 2001, les accords de Marrakech ont finalisé le Protocole de Kyoto qui a fixé des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre jusqu’en 2012. Cependant, dès février de cette même année, les États-Unis ont choisi de se retirer du processus.

Le Protocole est entré en vigueur en 2005. Puis la définition du dispositif pouvant être mis en œuvre sur la période 2013/2017, soit la suite du Protocole de Kyoto, a été soulevée à Nairobi en novembre 2006. Les négociations se sont enchaînées et s’avèrent toujours plus difficiles que les précédentes.

Concernant le réchauffement de la planète, il existe des certitudes absolues et des incertitudes. Ainsi, il est prouvé que ce réchauffement est plus fort sur les terres que sur les océans, plus fort les nuits que les jours, plus fort en altitude haute que basse... De même que n’importe quel laboratoire admet aujourd’hui que certains gaz bloquent le rayonnement émis par la terre.

Mais ces certitudes absolues mènent à des débats, avec deux interrogations :

- la rapidité de réaction de la planète, car le processus déclenché est inédit dans la vie de la planète ;
- la teneur des évolutions de comportements de la société humaine. En effet, si nos émissions se ralentissent



*Le réchauffement climatique est plus fort sur les terres que sur les océans, les nuits que les jours et en altitude haute que basse.*

Chappy/sxc.hu



fortement, une certaine maîtrise peut se mettre en place, mais *a contrario*, si nos émissions continuent d'augmenter, la variation des températures est plus difficile à prévoir. Les physiciens le savent bien, plus il y a d'énergie dans le système, plus le système devient turbulent.

Il faut cependant rappeler qu'il y a toujours eu dans l'histoire des événements climatiques extrêmes sans qu'il y ait pour autant de changement climatique ; un événement particulier ne peut être systématiquement associé au changement climatique.

Ces variables majeures, face auxquelles nous restons très démunis quant à leur appréciation, ont essentiellement un rapport au temps. De même, il faut s'interroger pour savoir si des mécanismes amplificateurs ou au contraire compensateurs vont exister. La science du climat est jeune et elle avance en même temps que les dégâts qu'elle observe. Aussi est-il normal d'avoir des interrogations et des polémiques. Lors de la reconstitution des phases de sortie des ères glaciaires précédentes, dans les glaces provenant du dégel des terres de l'hémisphère nord, du méthane (gaz à effet de serre) lié à la reprise des processus de décomposition a été retrouvé. Aussi le risque de fonte du permafrost<sup>(2)</sup> constitue un problème majeur.

La capacité des océans, avec une température plus élevée, à stocker le CO<sub>2</sub> est aussi un vrai problème. Elle détermine, à long terme, la capacité d'émissions acceptable pour l'humanité.

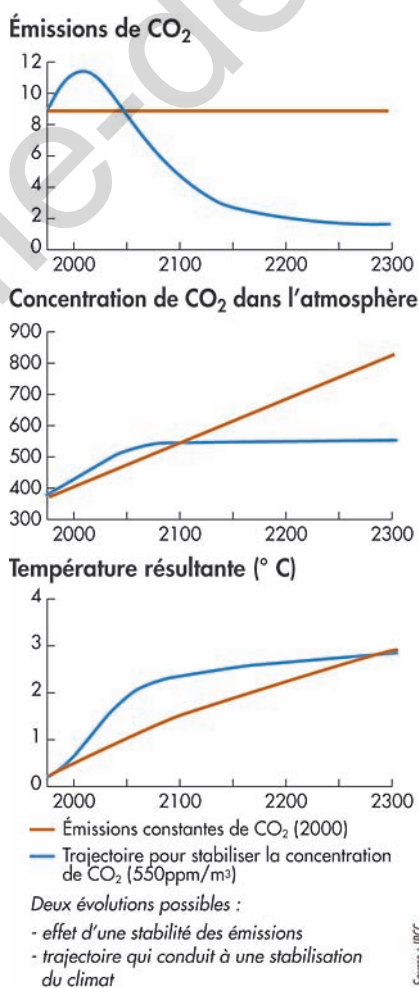
L'augmentation de la température ne sera pas uniforme pour l'ensemble des régions. Parmi les impacts pouvant entraîner de fortes variations, il convient de mentionner l'adaptabilité des systèmes agricoles, selon les régions. De la vitesse du réchauffement dépendra aussi la capacité d'adaptation de la diversité des espèces végétales et animales sur terre.

## Comment stabiliser le climat ?

Le travail réalisé par l'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) montre une projection sur trois siècles.

La courbe en orange décrit la situation en cas d'émissions de CO<sub>2</sub> constantes chaque année à partir de 2000. Compte tenu de l'accumulation continue de carbone dans l'atmosphère, la concentration du CO<sub>2</sub> doublerait d'ici 2300. Il en découlerait une hausse moyenne de la température de 3 ° C au même horizon et davantage au-delà.

La courbe bleue décrit le chemin pour stabiliser la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère<sup>(3)</sup> et le climat à 3 ° C. Pour parvenir à une stabilisation des émissions de gaz carbonique,



les pays industrialisés doivent impérativement réduire leurs propres émissions.

Depuis, les scientifiques ont révisé les valeurs inscrites et affirment qu'il ne faut absolument pas dépasser 2 ° C.

En ce qui concerne les émissions de CO<sub>2</sub>, la courbe bleue montre la réduction requise des émissions dans les décennies à venir.

Pour mémoire, depuis 1990, date de référence du protocole de Kyoto, les émissions de l'humanité ont augmenté de 15 %. Les grands pays émergents y prennent une part croissante. Il faut prendre en compte, pour les années futures, le développement de pays tels que l'Inde ou la Chine, des autres pays en développement et surtout l'accroissement de près de la moitié de la population humaine<sup>(4)</sup>. Ces dynamiques sont sources d'augmentation des émissions.

L'objectif fixé par les climatologues est de diviser par deux les émissions mondiales de CO<sub>2</sub> à l'horizon 2050. Pour les pays industrialisés, c'est une division par quatre ou cinq qu'il faudrait opérer. Le chiffre repris par la France est une division par quatre. Les États-Unis, compte tenu de leur situation actuelle, devront, quant à eux, opérer une division par dix.

Sur le long terme, l'humanité espère être en capacité de savoir stocker deux milliards de tonnes de carbone dans l'océan grâce au processus naturel de puisage qui s'effectue entre l'océan et l'atmosphère.

Cependant, un grand nombre de scientifiques pensent aujourd'hui que le réchauffement actuel et à venir va forcément réduire cette capacité de puisage ; si tel était le cas, la capacité

(2) Sol perpétuellement gelé des régions arctiques.  
(3) La concentration de CO<sub>2</sub> se situe aux alentours de 550 ppm/m<sup>3</sup> et ne doit pas la dépasser. Cette concentration de CO<sub>2</sub> sera atteinte avant la fin du XXI<sup>e</sup> siècle.

(4) De six milliards aujourd'hui à neuf milliards selon les prévisions de l'Onu à l'horizon 2050.

d'absorption de carbone par la biosphère ne sera, alors, pas de deux milliards de tonnes de carbone par an mais tendra vers zéro.

Un changement considérable de civilisation est, de fait, inévitable. Il est absolument nécessaire de maîtriser les émissions, d'adopter de meilleurs comportements, d'avoir une organisation collective exceptionnelle et d'opter pour des technologies permettant une stabilisation de ces émissions.

### Les ruptures liées au changement climatique

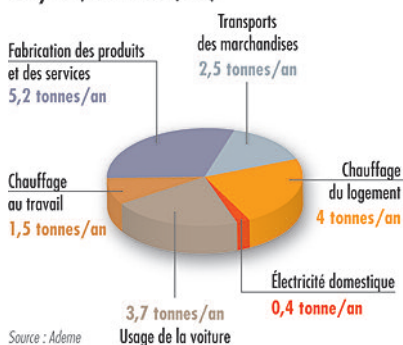
L'humanité a vécu une période extraordinaire avec la société industrielle et notamment la naissance de la machine à vapeur. Cette période de développement, nécessaire à l'histoire humaine, apparaissait alors sans limite. Le mois de décembre 1997, date du Protocole de Kyoto, pourrait néanmoins marquer la fin de cette période sans limite. Pour la première fois, l'humanité est confrontée à un processus de saturation qui modifie l'atmosphère, et le reconnaît.

À partir de cette date, il devient obligatoire de diminuer les émissions. Le climat est cogéré par l'homme, il n'appartient plus seulement à la nature. L'homme a dérégulé le climat, donc à lui de le re-régler. Cela définit un nouveau rapport à la citoyenneté dans le monde, et l'opinion publique progresse sur ces questions.

C'est pourquoi la décision de baser le Protocole de Kyoto sur des quotas, impliquant un rationnement, donc une ingérence de l'international sur les politiques sectorielles, la fiscalité, la recherche... marque le retour du politique. Le rôle de l'ONU s'en trouve étendu notamment par la reconnaissance du débat nord/sud et la nécessité de pouvoir sanctionner.

La responsabilité des États d'organi-

### Émissions de CO<sub>2</sub> d'un ménage français moyen (17 tonnes/an)



ser et de gérer la planète face à l'enjeu climatique est une très lourde nécessité. Ce changement déplace la frontière entre la vie privée et la vie publique.

À titre d'exemple, un ménage français émet environ dix-sept tonnes de CO<sub>2</sub> par an. La moitié est consacrée à l'usage domestique (essentiellement le chauffage et la voiture), l'autre moitié à la vie collective.

Il va donc falloir apprendre à compter avec les impacts climatiques. La mutation a déjà commencé et la société française est aujourd'hui alarmée par ce sujet, parfois de façon excessive d'ailleurs. En effet, depuis le XIX<sup>e</sup> siècle,

il est entré dans nos traditions philosophiques que toute croissance économique implique une augmentation de la consommation de ressources. Cette vision doit évoluer.

### L'efficacité énergétique en France

Dans le domaine de l'énergie, on croit souvent que la consommation énergétique française depuis 1973 a augmenté entre 100 et 400 %. En réalité, cette consommation n'a augmenté que de 4,7 % par habitant. Sous l'impulsion des politiques de maîtrise de l'énergie engagées après le choc pétrolier de 1973, une dissociation entre la croissance économique et la consommation d'énergie s'est créée : de gros efforts d'économie d'énergie ont été réalisés surtout dans l'industrie lourde et le chauffage des bâtiments. Quand le prix du pétrole était au plus bas, la croissance économique annuelle était de 2 % avec une consommation énergétique déjà stabilisée. Mais cet effort n'a pas perduré et la consommation d'énergie primaire a à nouveau augmenté.



*Le défi énergétique définit un nouveau rapport à la citoyenneté et à la consommation énergétique.*

E. Garault/Iaurif

Cependant le virage enclenché suite aux chocs pétroliers aide à aborder le point dur pour l'avenir qu'est l'efficacité de notre système énergétique.

L'énergie primaire utilisée est de 269 millions de tonnes équivalent pétrole. Ces énergies (pétrole, uranium...) sous des formes brutes vont être transformées en production électrique ou en carburant avec des pertes énergétiques. La consommation d'énergie finale, soit celle achetée par les consommateurs est de 158 Mtep, en 2000. Puis l'énergie finale est consommée dans des objets (voitures, appareils électriques, circuits de chauffage) pour rendre un service (de transport, de température, d'éclairage...) avec, là encore, des pertes énergétiques.

Pour 269 millions de tonnes équivalent pétrole en énergie primaire, nous ne consommons que 86 millions de tonnes équivalent pétrole d'énergie utile qui rend effectivement le service énergétique.

Aussi, le rendement actuel du système énergétique français est de 35 %. L'objectif visé n'est pas de diminuer l'énergie utile, mais de diminuer l'ensemble des pertes du système.



*Produite par le nucléaire et l'hydraulique, l'électricité française n'engendre que de très faibles émissions de CO<sub>2</sub>.*

EDF

À noter que les émissions résultant des consommations électriques sont faibles puisque 90 % de notre électricité est produite par le nucléaire et l'hydraulique.

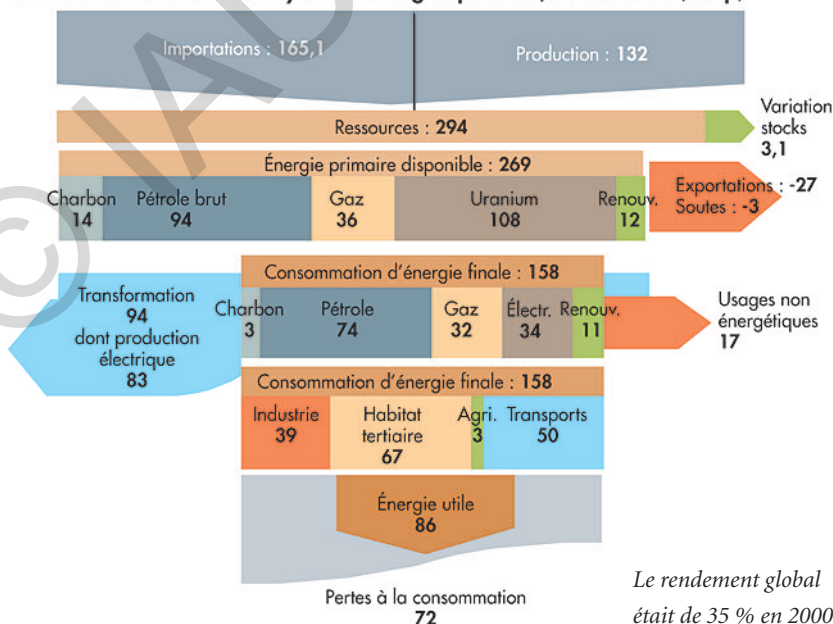
Un énorme travail a déjà été effectué pour améliorer l'efficacité de notre système énergétique. Citons à titre d'exemple l'évolution du chauffage d'une maison neuve en France. Avant

1974, la réglementation thermique n'avait pas encore vu le jour et il n'existait aucune consigne de construction. Aujourd'hui pour économiser cette énergie, c'est l'ensemble du parc bâti qu'il faudrait restructurer.

En matière de consommation thermique pour le chauffage, la réglementation de 2005 fixe une consommation à environ soixante-quinze kilowatts heure par mètre carré pour les bâtiments neufs contre deux cents kilowatts heure par mètre carré auparavant. L'objectif à atteindre se situe autour des trente kilowatts heure par mètre carré. Il est réalisable à condition de mettre en pratique des réglementations thermiques sur du long terme au travers des techniques que l'on commence à maîtriser.

La maison la plus énergétiquement performante du monde consomme huit kilowatts heure par mètre carré. Aujourd'hui les scientifiques travaillent sur ce concept de maison à énergie positive. La perspective d'une vie domestique avec de très hautes performances tient aussi aux choix d'achat des appareils électriques et à l'usage

### Le rendement des flux du système énergétique français en 2002 (Mtep)



*Le rendement global était de 35 % en 2000*



qu'en font les consommateurs. Pour l'Île-de-France, la relance de la géothermie est à l'étude. Et dans un horizon lointain, le photovoltaïque pourrait être envisagé.

## Quelques points conclusifs

Suite au Protocole de Kyoto, la finitude du monde et l'organisation d'un rationnement énergétique ont été acceptés. Un modèle économique de cette nouvelle période de l'histoire humaine a été inventé avec les mécanismes de Kyoto, aboutissant à l'accouplement improbable du dirigisme d'État et de l'économie de marché : la communauté internationale fixe des obligations de réductions aux États qui fixent ces obligations de réduction à l'intérieur de leurs sociétés pour pouvoir y parvenir.

Le premier mécanisme mis en vigueur au 1<sup>er</sup> janvier 2005 est la directive européenne des quotas sur les six grandes branches industrielles. Les États ont trois ans pour réduire leurs émissions, sans quoi ils seront financièrement sanctionnés.



*L'optimisation des ressources rares devient la valeur fondamentale de nos sociétés.*

B. Raoux/laurif

Un mécanisme d'échange a été associé à cette politique de quotas. Ainsi, un industriel qui pendant la période concernée change son procédé et améliore son usine, va être en avance par rapport à l'objectif de réduction donné. À l'inverse, un industriel n'ayant pas d'investissements à faire durant cette période, ne sera pas en mesure de respecter cette obligation. Aussi, l'industriel en avance pourra-t-il lui vendre cette avance.

En conséquence, celui qui respecte l'objectif de réduction des émissions va toucher contrairement à celui qui ne le respectera pas, qui devra payer. Le CO<sub>2</sub> était gratuit, il devient payant. Ces mécanismes sont en train de s'étendre. Les certificats d'économie d'énergie appartiennent aussi à cette catégorie de mécanismes.

Néanmoins, ces mécanismes sont plus difficiles à appliquer à des secteurs de consommation plus diffus pour lesquels il est nécessaire de construire des modes d'action.

Cependant, la prise de conscience ne débouche pas sur de l'action, mais sur de l'angoisse. Plus l'angoisse est forte, plus on s'éloigne de l'action. Le processus qui permet le dépassement de l'angoisse et la construction de l'action se déroule en quatre temps :

- le dimensionnement du problème : identifier la mesure quantitative de ce qui est en cause et cibler les objectifs d'actions. Il s'agit d'une prise de conscience des enjeux ;
- l'engagement de la prise en charge du changement climatique. Il s'agit d'un problème essentiellement éducatif et culturel ;
- la mise en place de solutions technologiques, organisationnelles, comportementales. Il faut pouvoir avoir des éléments de transaction là où des mesures sont à prendre ;
- L'engagement du politique par la prévision d'un calendrier et d'outils de transition vers une nouvelle civilisa-

tion. Des questions doivent être soulevées : que sait-on faire ? Quels sont les domaines prioritaires d'innovation technologique ou de nouvelles infrastructures ? Quelle sera la vitesse de mutation des choses. Puis se pose la question de l'équité. Le travail du politique est ici comparable à celui d'un metteur en scène. Il doit organiser la simultanéité de l'action des citoyens avec celle des entreprises et des collectivités publiques.

Jusqu'au xx<sup>e</sup> siècle, la valeur fondamentale était le développement économique visant à augmenter la production. Aujourd'hui, elle repose sur l'optimisation des ressources rares. Vivre en paix sur la planète ne sera possible qu'à condition d'épargner les ressources et de diminuer les émissions.

L'ensemble de nos pratiques actuelles doit être passé au crible. Toutes les actions permettant de réduire les consommations d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre doivent être identifiées. De même, il devient nécessaire d'examiner les rapports aux transports, de rapprocher l'emploi de l'habitat... Il faut re-localiser.

Le travail de prospective est un processus de tamisage qui, grâce à l'analyse de la meilleure optimisation, permettra à l'humanité d'avancer.



## Les perspectives et risques énergétiques

Véronique Lamblin<sup>(1)</sup>  
Groupe Futuribles

**L**e lien entre la consommation énergétique et l'effet de serre est étroit : 80 % de la consommation énergétique mondiale (50 % en France) et des émissions à effet de serre résultent des combustibles fossiles (pétrole, gaz et charbon).

En France où 25 % des logements sont chauffés électriquement, 75 % de la production électrique est issue du nucléaire, 15 % de l'hydraulique, et 10 % de l'énergie fossile en appoint.

Parmi les combustibles fossiles, le premier et le plus consommé au monde est le pétrole de plus en plus consacré aux transports qui en sont dépendants à plus de 95 %.

Mais le pétrole est aussi la seule alternative pour alimenter les groupes électrogènes. Quelles sont alors les perspectives d'évolution et les risques énergétiques engendrés tant au niveau planétaire que français ?

(1) Directrice d'études, prospectives et stratégie au sein du groupe Futuribles.

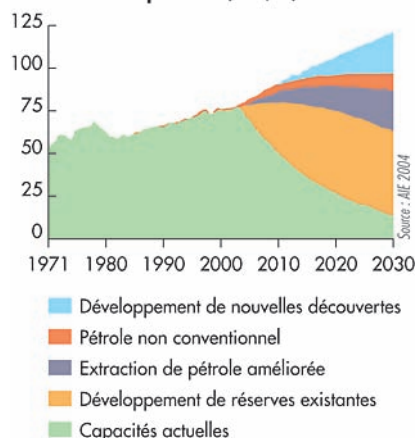
### Energy risks and prospects

There is a strong connection between energy consumption and the greenhouse effect: fossil fuels (petroleum products, natural gas, and coal) represent 80% of worldwide energy consumption and 80% of greenhouse gas emissions. France has a profile that is somewhat different than the worldwide average, as only a bit over 50% of our energy consumption involves fossil fuels. The main reason is that in France, most electricity is produced by nuclear plants (75%) and hydroelectric facilities (15%). Today, fossil fuels provide only 10% of our electricity. The other distinguishing characteristic of France is a result of the first one: 25% of housing is heated electrically. Petroleum products are used more than any other fossil fuels. More than 95% of fuel consumption for transportation depends on oil, which is increasingly devoted to this sector. But in certain regions of poorer countries that do not have an electrical network or where the network is badly maintained, the only alternative for producing energy is oil-fuelled electric generators. What possibilities for change exist, and what are the resulting energy risks both in France and at the global scale?

## Les perspectives de l'Agence internationale de l'énergie sur l'offre de pétrole

L'une des principales sources de prévisions énergétiques est l'Agence internationale de l'énergie<sup>(2)</sup> (AIE). L'AIE annonce qu'à l'horizon 2010, c'est-à-dire dans deux ans, des investissements importants devront être faits pour exploiter des réserves de pétrole connues mais non productives. La difficulté est que ces réserves se situent dans des pays particulièrement instables, principalement au Moyen Orient ou encore en Afrique, comme au Nigeria. De plus, les États sont généralement<sup>(3)</sup> propriétaires de leurs sous-sols et donc du pétrole. Certains pays, comme le Venezuela ou la Russie possèdent des réserves difficiles à exploiter, mais en quantité. L'actualité montre que ces pays comptent négocier au mieux de leurs intérêts leur production d'hydrocarbures. Le second facteur qui permettra, selon l'AIE, à la production de pétrole de fournir la demande est l'amélioration des taux de récupération du pétrole contenu dans les puits. Cela implique une nette

Les perspectives de production mondiale de pétrole (mb/d)



progression de la technologie. Aujourd'hui, seulement un peu plus d'un tiers d'un réservoir de pétrole est récupéré. Les pétroles non conventionnels, pétrole lourd de l'Orénoque au Venezuela et les sables bitumineux du Canada, dont l'apport reste relativement modeste jusqu'en 2030 mais dont l'exploitation a déjà commencé viendront compléter l'offre provenant de découvertes de nouveaux champs pétroliers. Selon l'AIE, l'amélioration des taux de récupération du pétrole dans les puits par le progrès technologique s'avère

incontournable si l'on veut répondre à une demande toujours en hausse à l'horizon 2030. Mais la capacité de production mondiale de pétrole donne lieu à des débats.

## Les controverses sur l'approvisionnement pétrolier

L'un des sujets de polémique est le montant des réserves dont les chiffres officiels sont généralement fournis par les États. Ces données sont d'autant plus stratégiques que les quotas de production des pays de l'Opep sont fonction du montant des réserves et que leur économie nationale dépend en grande partie des revenus pétroliers. On comprend alors pourquoi à la fin des années 1990, les réserves des pays du Moyen Orient avaient augmenté de l'équivalent de douze années de production mondiale, alors que techniquement aucun champ important de pétrole n'avait été découvert. Ces chiffres sont fortement remis en question par l'Association for the Study of the Peak Oil (Aspo), association qui regroupe des géologues et géophysiciens retraités de l'industrie pétrolière et donc dégagés de leur obligation de confidentialité.

En effet, personne ne nie que depuis les années 1980, la consommation de pétrole est plus importante que les découvertes. Aucun nouveau bassin pétrolier contenant plus de deux ans de consommation mondiale actuelle (soit cinquante Gigabytes) n'a été découvert depuis trente ans. Le dernier trouvé, celui de la mer du Nord, est aujourd'hui en déclin. Cette situation

(2) L'Agence internationale de l'énergie, agence de l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE), a été créée pendant la crise pétrolière de 1974 pour améliorer le dialogue entre les pays producteurs et les pays consommateurs d'énergie.

(3) Sauf aux États-Unis.



Raffinerie de pétrole, Tbilissi, Fédération de Russie.

Jeremy Nicholl/REA





Comme au Venezuela, l'exploitation des pétroles non conventionnels a déjà commencé.

Gabriel Rivera/ARCHIVOLATINO-REA

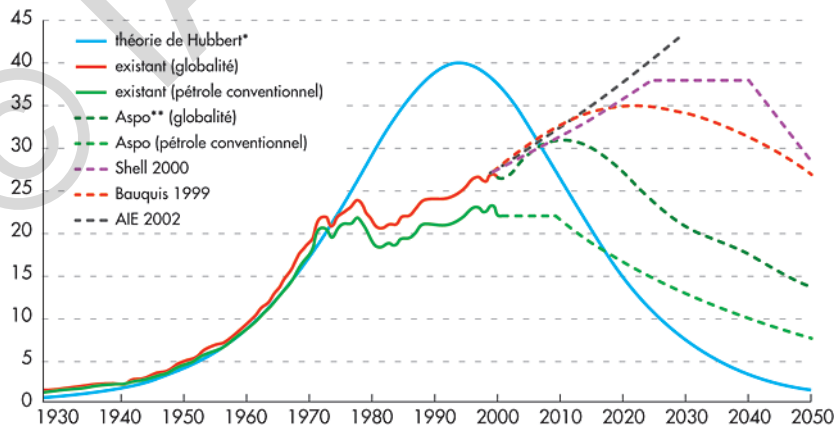
conforte l'importance d'améliorer le taux de récupération du pétrole contenu dans les puits existants pour augmenter la production à l'avenir.

Le taux de récupération moyen du pétrole dans les champs de 25 % dans les années 1960 est passé à 35 % environ en 2006, en moyenne mondiale. Mais, compte tenu du degré d'incertitude statistique (plus ou moins 5 %), il n'est pas impossible que ce taux soit plus lié à la géologie qu'aux technologies.

Enfin, on trouve de plus en plus souvent comptabilisés dans les réserves

mondiales des pétroles non-conventionnels qui commencent à être exploités comme les pétroles lourds de l'Orénoque et les sables asphaltiques du Canada et des schistes bitumineux dont on essaye d'extraire du pétrole malgré un apport énergétique encore limité<sup>(4)</sup>. L'exploitation de ce pétrole de nature non-conventionnelle est plus polluante et plus coûteuse que l'exploitation de pétrole conventionnel, y compris en énergie donc en émissions de gaz à effet de serre puisque l'énergie utilisée est fossile.

### Les diverses prévisions de production de pétrole dans le monde



\*Adapté à la théorie de Hubbert, basée sur les estimations actuelles des réserves.

\*\*ASPO : Association pour l'étude du pic pétrolier et gazier

Source : Aspo, communiqué de presse, 2002 - estimations moyennes de US Geographical survey 2000 (Shell)

## L'éventail des prévisions sur la production pétrolière

Parce que tout champ pétrolier voit sa production décliner en débit une fois qu'environ la moitié de son potentiel a été exploité, les géologues envisagent qu'à un moment donné la production pétrolière mondiale atteindra un maximum de production pour décliner inexorablement. Cela implique qu'il restera du pétrole pendant encore très longtemps mais avec un débit annuel plus limité. Le niveau de ce pic de production maximal dépend évidemment de l'hypothèse retenue pour estimer les réserves ultimes c'est-à-dire la quantité de pétrole dans le sous-sol que l'on espère trouver à l'avenir. Mais la différence majeure entre les visions vient surtout du taux de récupération espéré.

La vision la plus optimiste est celle de l'U.S. Geological Survey (USGS)<sup>(5)</sup> qui considère que la production actuelle pourrait être doublée (140 millions de barils par jour pour une consommation actuelle de 85 millions) à l'horizon 2030/2040.

La vision de l'Aspo, la plus pessimiste, annonce que le maximum de production serait de 90 millions de barils par jour, le calcul intégrant tous les liquides y compris les pétroles non conventionnels. Avec la croissance continue de la consommation, ce pic pourrait être atteint dès 2015/2020.

Les pétroliers semblent proposer une vision intermédiaire avec un maximum de production de 100 à 110 millions de barils par jour, pouvant être atteint sur la période 2020/2030.

Mais toutes ces prévisions prennent en compte une augmentation continue et tendancielle de la demande en

(4) Il n'est pas encore démontré que l'énergie utilisée pour l'extraction soit inférieure à l'énergie récupérée en pétrole.

(5) L'USGS est l'équivalent américain du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) français.



*Si l'humanité manque d'hydrocarbures, elle risque de consommer beaucoup plus vite la biomasse par des déforestation massives sans prendre le temps de la renouveler. Déforestation de la forêt amazonienne, Brésil.*

Biosphoto/Mittermeier Russel

pétrole. Cette évolution linéaire est peu probable car à l'approche du pic, les prix devraient logiquement augmenter et provoquer un ralentissement de la demande. Plus qu'un pic, la production pétrolière pourrait présenter la forme d'un plateau ondulé ou d'un «chameau à plusieurs bosses» comme l'a écrit Pierre Radanne<sup>(6)</sup>.

### Le gaz et le charbon

En dehors du pétrole, les deux autres sources d'énergie fossiles sont le gaz et le charbon dont les réserves, compte tenu de l'évolution tendancielle de la consommation, sont plus abondantes que celles de pétrole.

Selon l'Aspo (Jean Laherrère), un pic maximal de production pourrait être atteint pour le gaz naturel à l'horizon 2030 et pour le charbon, qui est l'énergie fossile la plus abondante et la mieux répartie, à l'horizon 2050. Néanmoins, cette prévision, parmi les plus pessimistes, ne vaut que si la consommation continue d'augmenter comme par le passé et que rien n'est fait pour ralentir la consommation d'énergie fossile et donc limiter les émissions de gaz à

effet de serre. Par ailleurs, les géologues, dont ceux de l'Aspo, expriment beaucoup plus d'incertitudes sur les réserves ultimes de gaz naturel et de charbon que sur celles de pétrole. Concernant les ressources en gaz, la possibilité ou non de récupérer les hydrates de méthane présents en grande quantité mais sous forme très dispersée au fond des océans est un sujet de débat entre experts.

### Le déclin des hydrocarbures est-il une chance pour l'effet de serre ?

La limitation annoncée de la production de pétrole puis de gaz naturel peut être tout d'abord perçue comme une chance pour limiter les émissions de gaz à effet de serre, d'autant plus que ces limites ne sont pas prises en compte dans les scénarios climatiques du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec). Mais si l'humanité manque de pétrole puis de gaz, elle risque de consommer beaucoup plus vite le charbon disponible et surtout la biomasse, par des déforestation massives par exemple, sans

prendre le temps de la renouveler. Or, la biomasse est aussi un puit de carbone. Dans cette hypothèse catastrophique, le changement climatique serait alors bien pire que celui envisagé par le Giec : les émissions de gaz à effet de serre provoquées par la consommation accrue de charbon seraient supérieures tandis que la capacité de stockage du carbone par la biosphère serait diminuée avec la réduction de la biomasse. Finalement, la déplétion des hydrocarbures ne résout en rien le défi climatique et constitue même éventuellement un risque accru pour le climat.

### Les enjeux pour la consommation

Alors que le charbon est consommé depuis le XIX<sup>e</sup> siècle, cela ne fait que cinquante ans que le monde utilise de plus en plus de pétrole et de gaz. Or, pendant ces cinq décennies, la population a plus que doublé : passant de deux milliards et demi d'habitants en 1950 à six milliards en 2000 et devrait atteindre neuf milliards en 2050 selon les prévisions de l'Onu.

Aussi, toutes les prévisions de demande énergétique envisagent une augmentation de la consommation à l'horizon 2020 en raison :

- de l'accroissement démographique notamment dans les pays du sud ;
- du développement économique de grands pays comme la Chine et l'Inde ;
- de l'inertie des systèmes énergétiques (la durée des équipement de production et de consommation d'énergie). Mais les scénarios varient de douze à quinze gigatonnes équivalent pétrole (Gtep) d'énergie primaire en 2020<sup>(7)</sup>, pour dix consommés aujourd'hui.

(6) Pierre Radanne, *Chocs et contre-chocs pétroliers*, Les annales des mines, responsabilité et environnement, n° 32, octobre 2003.

(7) Et de quinze à vingt-cinq gigatonnes équivalent pétrole d'énergie primaire à l'horizon 2050.

Deux autres points font également consensus en termes de prévision énergétique :

- ce sont la demande d'électricité et de transport qui tirent le plus la consommation énergétique dans le monde ;

- tous les pays de l'OCDE vont accroître leur dépendance énergétique pour le gaz et le pétrole à l'horizon 2020.

Cependant, on constate une baisse de la consommation énergétique par unité de richesse produite (mesurée en produit intérieur brut), une fois atteint un certain niveau de développement dans les différents pays. Cette amélioration de l'efficacité énergétique constatée dans les pays industrialisés pourrait être accélérée par l'anticipation d'un choc énergétique ou pour limiter les risques climatiques.

Les chocs pétroliers des années 1970 ont fait baisser la consommation mondiale de pétrole d'environ 10 %. Il a fallu quinze ans pour revenir au niveau antérieur. Les pays riches, notamment, en ont profité pour diversifier leurs ressources énergétiques. La consommation en gaz a augmenté, les

programmes nucléaires se sont développés. C'est aussi au cours de cette période que l'on a commencé à maîtriser de façon significative les consommations de chauffage dans les logements en France.

### Les alternatives aux hydrocarbures

Le primordial et le plus urgent, du point de vue des approvisionnements énergétiques, est de trouver des combustibles, si possible liquides, en complément du pétrole, notamment pour le transport.

Nous savons techniquement transformer du gaz naturel ou du charbon en liquide. Mais outre que ces alternatives consomment de l'énergie (le rendement d'une telle transformation est de 50 %) donc émettent davantage de gaz à effet de serre que le pétrole, elles accélèrent le déclin des autres ressources fossiles.

Une autre voie évoquée est celle de l'hydrogène. Mais aujourd'hui, l'hydrogène est extrait du gaz naturel pour sa

production industrielle, ce qui signifie toujours une consommation accrue d'hydrocarbures et des émissions de gaz à effet de serre lors de la production d'hydrogène. D'autres moyens de production de l'hydrogène sont envisagés, par l'électrolyse, voire la thermolyse de l'eau. Mais si la France décidait d'alimenter son parc automobile actuel grâce à l'hydrogène produit par électrolyse de l'eau avec ses centrales nucléaires, il faudrait doubler le parc nucléaire, car le rendement énergétique de l'électrolyse est faible. La thermolyse est également une alternative à plus long terme car il faudrait développer des centrales nucléaires spécifiques, étudiées dans le cadre de la génération 4 de réacteurs, dont la disponibilité n'est pas envisagée avant l'horizon 2035/2040.

Les biocarburants sont une solution plus favorable : c'est une énergie renouvelable et les plantes absorbent le dioxyde de carbone pendant leur croissance qu'elles réémettent lors de leur combustion. Mais les biocarburants ne constituent qu'une solution partielle. Même en anticipant l'arrivée des biocarburants de seconde génération qui utilisent la fibre des plantes, la paille ou le bois, les ressources mondiales en biomasse ne sont *a priori* pas suffisantes pour remplacer tous les usages pétrole sans obérer la production alimentaire.

Il reste évidemment l'électricité. Les voitures électriques existent mais sont plus limitées que celles que nous utilisons : leur autonomie est limitée entre 80 et 100 kilomètres, et plusieurs heures sont nécessaires pour leur rechargement. Néanmoins, le nucléaire semble être la principale alternative de production électrique massive sans émissions de gaz à effet de serre. Mais, outre les risques d'accident, de prolifération et le problème de la gestion des déchets, le nucléaire a aussi ses limites : il ne fonctionne pas



À l'horizon 2050, L'Islande espère pouvoir alimenter ses besoins énergétiques uniquement grâce à l'hydroélectricité, la géothermie, l'hydrogène.

R. Malet





Tous les véhicules du Conseil régional sont désormais hybrides.

P. Thiot/laurif

seul, un apport thermique ou hydraulique est nécessaire pour la production «de pointe»<sup>(8)</sup>.

Le scénario «Sunburn de relance du nucléaire mondial», paru dans les *Cahier de Global chance* étudie l'hypothèse d'une production nucléaire mondiale multipliée par trois d'ici à 2030. Un tiers de la demande électrique mondiale serait alors fournie par l'énergie nucléaire, contre 15 % aujourd'hui. 60 % des émissions de CO<sub>2</sub> électriques mondiales seraient économisées à l'horizon de l'année 2030 et au-delà, mais seulement 3 % des émissions cumulées liées à la production d'électricité seraient économisées entre 2006 et 2030. Ce scénario montre que l'apport du nucléaire dans une vision volontariste pour diminuer les émissions liées à la production d'électricité ne jouera qu'à relativement long terme. L'autre conclusion intéressante de ce scénario est qu'en 2080, soit cinquante ans après la construction du parc nucléaire de 2030, toutes les ressources en uranium connues et spéculatives recensées aujourd'hui par l'Agence internationale de l'énergie atomique seront consommées. Il y a donc obligation de réussir la génération 4, cette nouvelle génération de réacteurs, aujourd'hui à l'étude, basée sur la surgénération et qui permettrait une exploitation beaucoup plus efficace du combustible uranium, à l'horizon 2030.

Ainsi, il n'existe pas d'alternative globale au pétrole, seule une moindre consommation des véhicules associée à un complément en biocarburants avec des véhicules électriques sur des niches de transport (ou des véhicules hybrides rechargeables) permettraient de faire face à la demande de mobilité en cas de choc pétrolier structurel.

## Les alternatives au pétrole en France

En France, le pétrole est d'abord utilisé pour le transport (deux tiers de son usage), puis pour le résidentiel tertiaire, en particulier pour le chauffage des bâtiments. Le troisième usage est essentiellement la chimie (matériaux, engrais). Quelles sont les alternatives possibles ?

La biomasse semble être la ressource idéale pour remplacer le pétrole. C'est la plus traditionnelle, elle est renouvelable et stockable, ce qui n'est ni le cas du soleil ni du vent, et a l'avantage de pouvoir tout produire : chaleur, biocarburants pour les transports et l'électricité. Mais les terres disponibles et les besoins alimentaires limitent son utilisation.

En France, l'Ademe a réalisé l'évaluation du potentiel de la biomasse disponible sans diminuer les usages

alimentaires. Ce potentiel disponible utilisable à des fins énergétiques est de quarante millions de tonnes d'équivalent pétrole (dont 80 % de fibres). Ce potentiel représenterait un tiers de la consommation actuelle en carburants routiers ou trois quart de la consommation de chaleur. Mais il faut noter que si la consommation unitaire des véhicules était divisée par deux (trois litres pour cent kilomètres pour les voitures) sans augmentation des kilomètres parcourus, le potentiel serait alors de 60 % du carburant nécessaire.

Outre la biomasse, le solaire et la géothermie sont les autres alternatives pour le chauffage.

Le solaire thermique pourrait fournir 40 à 70 % des besoins en eau chaude sanitaire, selon l'Ademe. Cependant, pour le chauffage des bâtiments, les solutions techniques ne sont adaptées qu'à la construction neuve, pas à la réhabilitation du parc à moins d'une rénovation très lourde.

La géothermie basse température consiste à utiliser des aquifères d'une température comprise entre 50 et 100 °

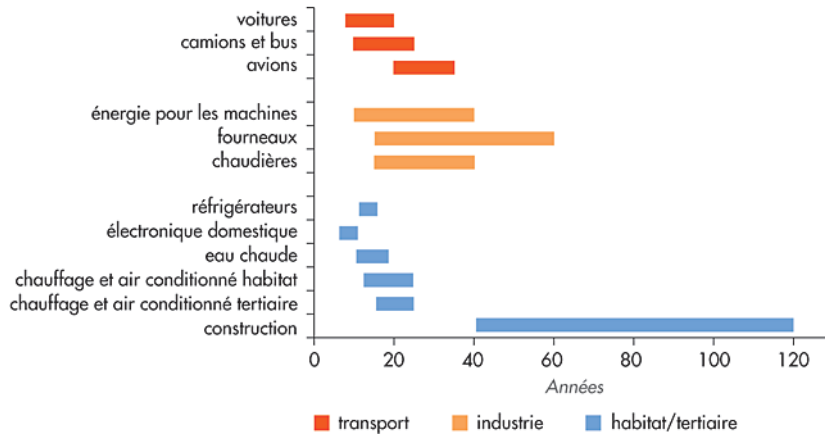
(8) La production de pointe correspond aux crêtes de demande électrique pour lesquelles la production nucléaire est moins modulable ou réactive que la production thermique ou hydraulique.

## Énergie renouvelable (EnR) en France en 2003 : surtout le bois et l'hydraulique

	Électricité		Chaleur		Carburant	
	GWh	%	Ktep	%	Ktep	%
Hydraulique	65 867	91,8	/	/	/	/
Éolien	376	0,5	/	/	/	/
Solaire	19	0,03	28	0,27	/	/
Géothermie	23	0,03	129	1,25	/	/
Pompes à chaleur	/	/	253	2,47	/	/
Déchets urbains solides	3 285	4,58	830	8,1	/	/
Bois et déchets de bois	1 344	1,87	8 759	85,48	/	/
Résidus de récoltes	370	0,52	192	1,87	/	/
Biogaz	416	0,58	57	0,56	/	/
Biocarburant	/	/	/	/	400	100
<b>Total EnR</b>	<b>71 700</b>	<b>100</b>	<b>10 247</b>	<b>100</b>	<b>400</b>	<b>100</b>
<b>Part dans la consommation nationale</b>	/	<b>14 %</b>	/	<b>19 %</b>	<b>1 %</b>	/

Source : Ademe

## La durée de vie des objets consommant de l'énergie



pour alimenter un réseau de chaleur pour l'industrie ou le chauffage urbain. En France, ces ressources se trouvent principalement dans le bassin parisien et aquitain. Mais les ressources géothermales très basse température (inférieure à 50 °) sont présentes sur la quasi-totalité du territoire français. Elles se valorisent avec des pompes à chaleur pour les besoins de chauffage. Grâce à cette technologie, la consommation d'énergie d'un logement peut être divisée par deux à quatre. C'est du côté de la demande que ce trouve le plus gros potentiel. La maîtrise de l'énergie consiste à utiliser les meilleures technologies disponibles pour tous les «objets» consommateurs d'énergie : l'habitat, la voiture... Ainsi, si tous les parcs d'équipements étaient

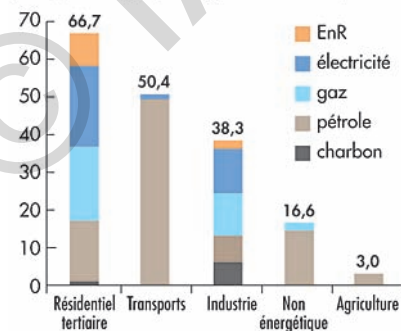
remplacés avec les meilleures technologies actuelles, d'ici 2030/2050, une économie de 30 % environ pourrait être réalisée par rapport à l'évolution tendancielle. Il reste cependant que cette évolution est freinée par le rythme de renouvellement des équipements. Il faut quinze à vingt ans par exemple pour renouveler le parc automobile.

Les comportements et l'organisation ont aussi leur importance : la sobriété doit être privilégiée, c'est-à-dire utiliser l'énergie strictement nécessaire pour répondre aux besoins. Dans le domaine des transports par exemple, c'est favoriser le co-voiturage ou l'utilisation des transports en commun. C'est donc faire autrement pour le même service de transport.

L'association Negawatt, évalue que la maîtrise et la sobriété permettraient d'économiser 60 % de l'énergie consommée dans un scénario à 2050 où la consommation d'énergie française augmente tendanciellement.

Les freins économiques aux alternatives énergétiques ou à la maîtrise de l'énergie n'ont pas été abordés car la rentabilité des investissements est fonction du prix des hydrocarbures. L'expérience des dernières années montre à quel point les variations de prix peuvent être importantes, surtout à l'horizon 2020/2030.

## Répartition de la consommation finale (175,1 Mtep) (corrigée du climat)



Actuellement, les énergies renouvelables sont utilisées à 20 % pour la production de chaleur, essentiellement le bois et seulement 1 % pour les transports.

## Les risques énergétiques et les enjeux liés au changement climatique

**Véronique Lamblin**

Directrice d'études, prospective et stratégie  
Groupe Futuribles

Pour ce débat, animé par **Dominique Dron**, nous retrouvons **Nathalie Alazard-Thoux**, chargée des études économiques à l'Institut français du pétrole (IFP), **Érik Guignard** du Syndicat des énergies renouvelables, **Benoît Lebot** de l'association Negawatt et **Christian Ngô** du commissariat de l'énergie atomique (CEA).

La table ronde s'articule autour du consensus sur les diagnostics climatiques et énergétiques et les outils de transition à mettre en place pour atteindre les objectifs de réduction de la France à l'horizon 2050. Les thématiques suivantes ont été abordées :

- le constat partagé ;
- l'émergence d'une nouvelle culture collective ;
- les outils de la transition.

À partir du constat climatique des experts, quelles nouvelles politiques vont-elles être mises en place ? Quelles seront le rôle des collectivités publiques ? Avec quel financement ? Comment pourront s'articuler les efforts avec les industriels ? Pour quels résultats ?



De gauche à droite, Christian Ngô, Érik Guignard et Benoît Lebot.

P. Thiot/laurif

“ La planète ne sait pas vraiment ce que signifie deux degrés de plus. Par contre, on connaît très bien ce que cinq degrés en moins impliquent. La fin de la dernière glaciation s'est produite, il y a 20 000 ans : la Méditerranée se composait de deux lacs, 120 mètres de moins sur toutes les mers du monde... Par conséquent, deux degrés en un siècle est le maximum acceptable. ”

Benoît LEBOT, Negawatt

### Le constat partagé

Les diagnostics climatiques et énergétiques présentés par Pierre Radanne et Véronique Lamblin font émerger des conclusions partagées :

- il est vital de ne pas dépasser une augmentation des températures supérieure à deux degrés ;
- l'objectif de diviser par deux les émissions mondiales implique une division par quatre ou cinq dans les pays industrialisés ;
- les questions géopolitiques vont vraisemblablement accélérer les tensions sur les énergies fossiles ;
- les actions qui vont être conduites dans les vingt prochaines années

seront cruciales pour réussir cette transition et la rendre viable.

### Le réchauffement climatique

Les scientifiques sont unanimes sur la nécessité de ne pas dépasser les deux degrés d'augmentation de la température. La communauté scientifique est beaucoup plus inquiète devant le changement climatique que les organisations non gouvernementales ou la société civile. Ce qui est plutôt rare. A *contrario*, c'est l'inverse pour la question de la radioactivité.

La planète ne sait pas vraiment ce que signifie deux degrés de plus. Par contre, on connaît très bien ce que cinq degrés en moins impliquent. La fin de





*Le réchauffement climatique pourrait entraîner, à terme, un embrasement de notre planète.*

B.S.K / sxc.hu

la dernière glaciation s'est produite, il y a 20 000 ans : la Méditerranée se composait de deux lacs, 120 mètres de moins sur toutes les mers du monde... Par conséquent, deux degrés en un siècle est le maximum acceptable. Il ne faut pas oublier qu'il existe d'autres types de pollutions comme la pollution des villes, celle des pluies acides ou des déchets indésirables. Mais la question du changement climatique est prioritaire. Lorsqu'on annonce une augmentation en moyenne de deux degrés, il s'agit d'une moyenne. Or, la moyenne n'est pas importante en elle-même, il faut plutôt regarder sa distribution par zone. Par exemple, un degré de variation globale correspond à deux degrés en France, l'équivalent d'un déplacement du climat de 200 kilomètres vers le sud. Les publications du Giec montrent que si les températures grimpent au-delà de deux degrés, la planète se trouvera confrontée à de graves catastrophes, tant humaines qu'environnementales et économiques. L'effort

de réduction par quatre ou cinq des émissions de gaz carbonique dans les pays industrialisés comme le nôtre doit être amorcé sans attendre que l'on épuise définitivement les énergies fossiles. C'est une certitude partagée. L'altération de la composition de l'atmosphère par les activités humaines est une réalité dramatique et qui malheureusement, le sera encore plus dans les décennies à venir. Au-delà du réchauffement global, le changement climatique est un problème de répartition des températures, de répartition des précipitations, du bilan entre précipitations et évaporation, du ruissellement, de l'eau douce disponible, et d'autres événements extrêmes... Il est vrai qu'à partir de ces faits, le discours de certains mouvements provoque, au sein du monde scientifique ou technique, des réactions allergiques... mais il faut toujours garder à l'esprit que l'humanité dépend de ces mondes pour trouver des solutions. Nous allons vers des bouleversements, voire peut-être même des catastrophes.

*François Dugeny, directeur général de l'Iaurif, Mireille Ferri, vice-présidente du conseil régional d'Île-de-France en charge de l'aménagement du territoire et Gérard Lacoste, directeur général adjoint, délégué à la stratégie et au développement, Iaurif.*

P. Thiot/Iaurif



**“ Nous allons vers des bouleversements, voire peut-être même des catastrophes. Il est absolument nécessaire de radicalement transformer les systèmes de production et d'utilisation de l'énergie, et il existe des opportunités. Même si l'on ne peut pas tout anticiper, l'avenir doit se préparer. La France n'est pas isolée. ”**

*Robert KANDEL, physicien, directeur de recherche au CNRS, laboratoire de météorologie dynamique*



*Robert Kandel.*

P. Thiot/Iaurif

« L'histoire nous apprend l'interruption de l'accroissement du CO<sub>2</sub> par trois fois depuis le début du xx<sup>e</sup> siècle en France : durant les deux guerres mondiales et lors de la mise en activité des premières centrales nucléaires. »

Christian NGÔ, CEA



Christian Ngô.

P. Thiot/laurif

Il est absolument nécessaire de radicalement transformer les systèmes de production et d'utilisation de l'énergie, et il existe des opportunités. Même si l'on ne peut pas tout anticiper, l'avenir doit se préparer. La France n'est pas isolée.

L'histoire nous apprend l'interruption de l'accroissement du CO<sub>2</sub> par trois fois depuis le début du xx<sup>e</sup> siècle en France : durant les deux guerres mondiales et lors de la mise en activité des premières centrales nucléaires.

### La fin des énergies fossiles ?

Notre civilisation est basée sur l'utilisation des combustibles fossiles car ils sont un outil de richesse. Fabriquée par la nature il y a maintenant des centaines de milliers d'années, cette énergie n'est pas chère. Mais en moins de deux siècles, nous aurons consommé une ressource naturelle que les générations futures ne connaîtront pas. Comme le pétrole et le gaz ne servent pas uniquement d'énergie pour l'alimentation des voitures, on cherche toujours de nouvelles techniques pour s'en procurer : on sait extraire maintenant du pétrole à des profondeurs où on ne pensait trouver que du gaz. Une fois le pétrole conventionnel épuisé, on pourra toujours se rabattre sur le pétrole élaboré à partir du charbon. On investit aussi énormément dans la séquestration, c'est-à-dire dans des techniques qui visent à capturer le CO<sub>2</sub> pour le réinjecter dans le sol. Même si le pétrole ne disparaît

pas totalement de la planète dans l'immediat, les estimations de début du déclin variant en fonction des techniques envisagées, il faut d'ores et déjà anticiper son extinction. Certains experts estiment d'ailleurs qu'il serait plus avisé de laisser le plus longtemps possible le pétrole, le charbon ou le gaz là où ils sont actuellement. Car en assurant la combustion de ces énergies à la surface de la terre de façon aussi inefficace qu'aujourd'hui, on court le risque d'accélérer le dégivrage du permafrost, engendrant une progression des émissions de carbone. Il est évident par ailleurs que dans la phase de transition, les tensions sur les approvisionnements pétroliers vont se multiplier. L'augmentation constatée, ces cinq dernières années, sur le prix du baril de pétrole va se renouveler avec encore de plus de force et les rythmes d'augmentation vont s'accélérer.

### L'interdépendance mondiale

Le changement climatique est un problème mondial. Lorsque l'on émet du gaz carbonique, la planète entière en subit les conséquences. Et la France, seule, ne pourra rien. Depuis 1973, alors que notre consommation a continué de progresser, notre consommation d'énergie s'est stabilisée. Mais ce phénomène est notamment dû à l'importance de nos sous-traitances « extérieures » et de nos importations, l'énergie étant, par conséquent, consommée à l'étranger.

### L'échelle de temps

À tout cela, vient s'ajouter le problème d'échelle de temps. Il faut du temps pour expliquer, du temps pour faire accepter les choses et encore du temps pour mettre en œuvre ce qui a été décidé... Cette échelle de temps est étroitement liée à l'aspect psychologique, absolument nécessaire à prendre en compte.



François Dugeny avec, à sa gauche, Gérard Lacoste.

P. Thiot/laurif

## Vers une nouvelle culture collective : rendre acteur particulier comme entreprises

### L'enjeu psychologique et comportemental

Si les hommes de science ne peuvent pas nous dire quelle sera la future trajectoire des ressources et des émissions, il est certain que nous sommes dans une période de mutation. La question éducative devient dès lors fondamentale. Il faut aussi analyser notre vision du monde et comment nous imaginons nos futures vies. Imaginer le monde de demain, beaucoup de chercheurs l'ont déjà fait, mais personne ne s'est jamais penché sur la vision de sa vie personnelle future. Il faut dire que c'est un processus anxio-gène car l'homme, ignorant où il va, a inévitablement beaucoup de mal à accepter des changements. Tout individu se doit d'être responsable de sa propre consommation, faire ses propres choix et son éducation fera en sorte qu'ils soient en adéquation avec la survie de la planète. Si les gens ne se sentent pas acteurs dans cette transition, ils vont s'installer dans une logique de défensive. Mais, pour que se mettent en place les «micro gestes» et des habitudes de comptabilisation, nous devons avoir un imaginaire positif de ce que vont être nos vies, pour «rester libre». Par l'éducation, la formation, chacun doit avoir les moyens de s'autonomiser, c'est-à-dire avoir ses propres repères dans cette mutation. Spontanément, quand on dit recherche, on pense recherche technologique, recherche de chimie. Cependant, ne devrait-on pas mener des recherches et des expérimentations sur les comportements ? À titre d'exemple, sait-on pourquoi le co-voiturage ne fonctionne pas en France ?

### Les mutations des entreprises

La réalité est toute simple : un marché de production de pétrole et de carburants existe parce qu'il y a une demande. Mais aujourd'hui, les entreprises vont devoir faire une inévitable mutation, c'est-à-dire fonctionner, créer de l'emploi mais toujours en lien direct avec les nouvelles questions énergétiques. C'est pourquoi les questions éducatives et culturelles sont cruciales. Certains gros acteurs économiques comprennent que leurs activités dépendent des vingt ans à venir. Ainsi, le principal fond de pension américain exige des entreprises chez lesquelles il compte investir non seulement qu'elles publient leurs émissions de gaz à effet de serre, mais aussi qu'elles donnent les preuves des pratiques de réduction d'émission. Comme les industriels répondent à la demande du consommateur, avec comme but unique de réaliser des profits, le citoyen ne peut pas uniquement se reposer sur l'État ou sur les entreprises et attendre la mutation. L'évolution récente des achats de voitures neuves montre une avancée : alors que les constructeurs automobiles, piégés dans une relation perverse avec leur service marketing, nous font rêver de

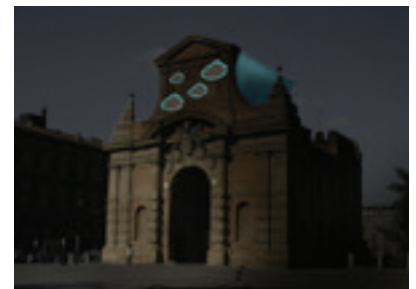
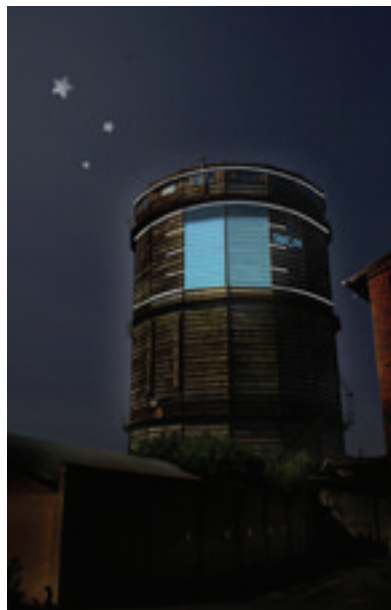


Nathalie Alazard-Thoux, Dominique Dron et Véronique Lamblin.

P. Thiot/laurif

« Certains gros acteurs économiques comprennent que leurs activités dépendent des vingt ans à venir. Ainsi, le principal fond de pension américain exige des entreprises chez lesquelles il compte investir non seulement qu'elles publient leurs émissions de gaz à effet de serre, mais aussi qu'elles donnent les preuves des pratiques de réduction d'émission. »

Dominique DRON



Le projet In Luce consiste à afficher dans l'espace public la consommation collective d'énergie afin d'accroître chez chaque citoyen une conscience responsable de l'énergie. Cette information serait projetée sur différents bâtiments à l'architecture remarquable et sous la forme d'installations artistiques lumineuses.

Positive Flow présenté lors de l'exposition «So Watt» à l'Espace EDF Electra





De droite à gauche, Anne-Marie Roméra, Marianne Anache, et Christine Corbillé.

P. Thiot/laurif

véhicules dont les performances n'ont rien à voir avec les conditions réelles d'utilisation, au dernier salon du Mondial de l'automobile, les ventes de véhicules qui émettent moins de 140 g de CO<sub>2</sub> par kilomètre ont progressé de 50 % (30 % de diminution des ventes de véhicules plus pollués). Le marché est donc en train de se déplacer, mais lentement compte tenu de l'inertie des stratégies des constructeurs.

## L'éducation et la formation, au cœur de la mutation

Ces domaines apparaissent déterminants dans l'évolution des mentalités, des comportements tant particuliers que collectifs. Nos pratiques de consommation doivent évoluer sans peur. L'objectif fixé contient des aspects positifs pour la vie quotidienne, avec des transports moins longs, une agriculture plus vivrière, et des économies d'énergie.

Mais développer les énergies renouvelables n'a de sens que si une forte maîtrise de l'énergie s'opère : en effet, jusqu'à présent la tendance est d'économiser de l'énergie d'un côté pour en consommer plus de l'autre. Prenons l'exemple d'une famille qui vit dans une maison de 100 m<sup>2</sup> et qui consomme l'équivalent de 3 000 € par an en fuel, pour une température de 18°. En passant à la pompe à chaleur, elle ne dépensera plus que 400 € par an, mais en contrepartie, vu l'économie réalisée, elle augmentera sa température ambiante en passant à 22°. Or, un degré équivaut à environ 7 % d'énergie en plus. À nouveau, intervient le besoin d'éducation qui, dans ce cas, démontrerait que l'économie pourrait être encore plus conséquente si la chaleur était restée aux alentours de 18°.

Alors la question qu'il convient de poser aux pouvoirs publics est bien celle de l'organisation, du rythme envisagé et envisageable.

## Les outils de la transition.

### Les nouvelles techniques sont-elles la solution ?

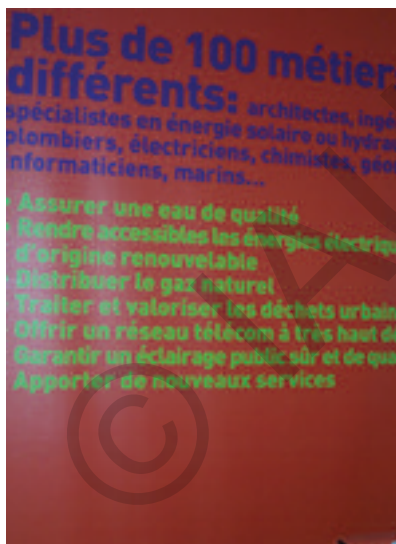
On sait qu'il faut agir sur les vingt prochaines années. Les technologies de demain existent déjà. Reste à les mettre en pratique de façon massive. Peut-on avancer un calendrier et un mode de diffusion ?

Les véhicules hybrides : pour les transports, la maîtrise énergétique passe par l'usage de véhicules hybrides, c'est-à-dire de véhicules dont l'énergie de la batterie est utilisée pour aider le moteur thermique. Actuellement, les véhicules hybrides sont essentiellement fabriqués par les Japonais. Mais les constructeurs français commencent à se lancer sur le marché. Ces automobiles seront produites en masse à l'horizon 2020.

Les biocarburants actuels ne remplaceront pas les carburants. L'IFP et le CEA étudient actuellement les biocarburants de deuxième génération qui utilisent la biomasse comme le bois, la paille, pour faire des carburants type éthanol, diesel de synthèse, avec un rendement deux fois supérieur. Mais la substitution ne pourra être que partielle, jamais à 100 %. Les biocarburants sont considérés par certains experts comme des solutions de transition utiles.

Pour obtenir de la chaleur, on peut utiliser des pompes à chaleur. La technique est connue, mais les artisans ne sont pas encore suffisamment bien formés pour l'installation de ces pompes. C'est un énorme gisement d'emplois et d'énergie.

L'utilisation du nucléaire permet à la France de produire de l'électricité sans recourir au pétrole, et avec peu d'émission de CO<sub>2</sub>. Si le gouvernement n'avait pas choisi dans les années 1970, d'investir dans les centrales nucléaires, la France achèterait actuellement son pétrole à 60 ou 100 € le baril. Ce qui



L'éducation et la formation sont au cœur de la mutation vers une société moins consommatrice d'énergie.

Centre d'information eau, énergie, réseaux environnement, Lac Nation, Genève.

S. Mariotte/laurif



*Le premier lycée composé de bâtiments à zéro énergie en Île-de-France, Limeil-Brévannes, Val-de-Marne.*

B. Raoux/laurif

coûterait à chaque français environ 800 à 1 300 € par an.

Les bâtiments à énergie positive et l'isolation. On sait aujourd'hui construire des bâtiments à énergie positive. Le premier en France vient d'ailleurs d'être construit dans notre région à Limeil-Brévannes.

Les industries des pays limitrophes de la France sont beaucoup plus réactives aux évolutions technologiques. Il nous faut vite réfléchir aux dispositifs à mettre en place pour suivre cette évolution technologique qui va s'accélérer. Les enjeux sont colossaux et incontournables dans les bâtiments. Il faut apprendre, d'ici dix ans, à construire sans apport de carbone. En moyenne nationale, un bâtiment utilise 170 kilowatts heure par mètre carré et par an de chauffage. Si ce bâtiment avait été isolé il y a dix ou quinze ans, sa consommation serait de l'ordre de 80 kilowatts. L'argument du surcoût que l'isolation représenterait pour ses occupants n'est pas recevable. Nous sommes dans une société qui a su se payer l'explosion de l'immobilier, alors elle saura forcément se payer les 15/20 % supplémentaires pour bien construire.

### Des scénarios d'évolution

L'association Negawatt, qui regroupe des spécialistes des énergies renouvelables et de l'économie d'énergie a publié un livre «La maison des

Negawatt : le guide malin d'énergie chez soi». Son objectif est de démontrer comment les pratiques individuelles actuelles pèsent lourdement sur le bilan énergétique, et, au-delà, de développer un scénario pour la France. Il ressort de ces travaux que l'on manque de tout en France dans ces domaines : de recherche, de techniques de séquestration de CO<sub>2</sub>, mais surtout d'une meilleure maîtrise de l'énergie. Le scénario de maîtrise de l'énergie se décline sous deux axes : sobriété et efficacité. Sobriété, car il convient à présent d'arrêter les gaspillages à tous les niveaux de la société, ce qui donnerait de vraies marges de manœuvre. Efficacité, si l'on considère que les énergies renouvelables sont seules compatibles avec le développement durable et qu'elles pourront en prendre le relais. Le scénario élaboré est lui-même décliné sous trois directions : mobilité, électricité, chauffage.

On peut maîtriser la consommation d'électricité : par exemple, en supprimant les halogènes et en orientant les achats vers des appareils de classe A, on peut diviser la consommation d'électricité par deux ou même par quatre. L'électricité ainsi économisée pourrait être réinvestie dans la mobilité des véhicules. En moins de vingt ans, le potentiel d'électricité utilisable pour les transports pourrait doubler uniquement en appliquant des mesures de sobriété et d'efficacité dans les autres usages. Les enjeux sont colossaux et incontournables dans les bâtiments. Il faut apprendre d'ici dix ans à construire sans apport de carbone. En moyenne nationale, un bâtiment utilise 170 kilowattheures par mètre carré et par an de chauffage. Si ce bâtiment avait été isolé il y a dix ou quinze ans, sa consommation serait de 80 kilowatts. L'argument du surcoût que l'isolation représenterait pour ses occupants n'est pas recevable dans une société qui a su se payer l'explosion de

« Les enjeux sont colossaux et incontournables dans les bâtiments. Il faut apprendre, d'ici dix ans, à construire sans apport de carbone. On sait aujourd'hui construire des bâtiments à énergie positive. Le premier en France vient d'ailleurs d'être construit dans notre région à Limeil-Brévannes. »

Érik GUIGNARD, Syndicat des énergies renouvelables



*De gauche à droite, Christian Ngò, Érik Guignard et Benoît Lebot.*

P. Thiot/laurif

« En supprimant les halogènes et en orientant les achats vers des appareils de classe A, on peut diviser la consommation d'électricité par deux ou même par quatre. L'électricité ainsi économisée pourrait être réinvestie dans la mobilité des véhicules. En moins de vingt ans, le potentiel d'électricité utilisable pour les transports pourrait doubler uniquement en appliquant des mesures de sobriété et d'efficacité dans les autres usages. »

Érik GUIGNARD



Exemple de lampe alimentée par une énergie naturelle. Ce luminaire sans fil recharge ses batteries à l'aide de trente-six mini panneaux solaires, chacun est couplé à une diode électroluminescente.

Damian O'Sullivan

“ En 2005, à l'occasion de la loi POPE, les politiques ont mentionné la division par quatre des émissions de CO<sub>2</sub>, mais sans aucun relais concret dans les textes de cette loi. Aujourd'hui, cet objectif est clairement annoncé et inscrit... c'est un énorme progrès. ”

Christian NGÔ, CEA



Pierre Radanne, Nathalie Alazard-Thoux et Dominique Dron.

P. Thiot/laurif

“ Dans le domaine des transports, par exemple, les solutions envisagées aujourd'hui pour diminuer la dépendance au pétrole ont déjà été analysées dans les années 1970. On ne fait que reprendre un effort qui avait été fait dans ces années-là. ”

Nathalie ALAZARD-THOUX, IFF

l'immobilier, et qui saura faire face à 15 ou 20 % de coûts supplémentaires pour bien construire.

Pour que chacun prenne conscience de sa consommation d'énergie, Negawatt propose de rendre obligatoire l'affichage des signaux de performance énergétique (classe A, B, C, D, E, F, G.) pour les bâtiments, en vente à louer, ou pour les voitures... Cette décision ne coûterait absolument rien au législateur. Mais il est certain qu'il faut que l'on se donne les moyens d'opérer cette transition.

La mobilité reste cependant le point délicat du scénario La mobilité des français se chiffre à 15 000 kilomètres par an. À l'horizon 2050, il faudrait qu'elle descende à 11 000 kilomètres par an. L'alternative simple est le vélo, mais pour que ce soit une réelle alternative, il convient de faire certains aménagements : douches sur les lieux de travail, garages à vélos sur les lieux de vie...

## L'organisation spatiale

L'organisation spatiale et une nouvelle politique de transports peuvent favoriser cette maîtrise. Le rôle du projet du schéma directeur en Île-de-France est aussi de montrer que, sur un territoire un peu moins gaspilleur que les autres parce qu'avec plus d'habitat vertical et plus de transports collectifs, la maîtrise de la consommation énergétique serait plus grande par un aménagement favorisant une ville plus compacte.

## Le rôle du politique

Le politique doit accompagner le changement des comportements individuels et permettre aux individus de se projeter sur un plan collectif. C'est le retour de la planification. L'avenir ne peut pas être organisé sur un temps long sans signaux préalables, sans calendrier et sans équité. La question pour les pouvoirs publics est bien celle

de l'organisation, du rythme de transition vers une société sobre en carbone. On a vu les mutations nécessaires dans lesquelles doivent s'engager techniques, entreprises et particuliers. Le politique, lui, une fois les objectifs définis et les engagements pris, comme c'est le cas pour la France, doit donner des signaux clairs en faveur des enjeux prioritaires de cette mutation. Ces signaux sont en train de naître, mais ils sont encore aujourd'hui en sous nombre, pas suffisamment clairs ou discontinus. Il faut que le degré de conviction soit affiché beaucoup plus fortement pour dynamiser l'action.

En 2005, à l'occasion de la loi POPE, les politiques ont mentionné la division par quatre des émissions de CO<sub>2</sub>, mais sans aucun relais concret dans les textes de cette loi. Aujourd'hui, cet objectif est clairement annoncé et inscrit... c'est un énorme progrès.

Mais il reste beaucoup à faire car certaines insuffisances persistent :

- Parler du problème climatique. En expliquant que ses premiers effets ne se produiront guère avant 2030 ou 2050, ce n'est ni incitatif ni mobilisateur. Même chose pour les transports avec l'annonce des chocs pétroliers en dent de scie ;
- les investissements en énergie renouvelable restent encore plus chers que les solutions traditionnelles ;
- rareté des installateurs formés aux énergies renouvelables ;
- le bâti existant est insuffisamment traité ;
- le manque d'automatisme de remplacement des véhicules polluants ;
- remplacer les véhicules polluant en moyenne 300 g de CO<sub>2</sub> kilowatt par des véhicules déjà existant qui émettent 130 g ;
- la continuité des efforts.

Dans le domaine des transports, par exemple, les solutions envisagées aujourd'hui pour diminuer la dépendance au pétrole ont déjà été analy-



sées dans les années 1970. On ne fait que reprendre un effort qui avait été fait dans ces années-là.

## La fiscalité : mise en place de taxes, quotas, certifications ?

**Des taxes à l'instinct grégaire ?** La question de la géographie de l'habitat et de l'emploi est déterminante. Les emplois du tertiaire sont beaucoup moins stables que ceux de l'agriculture ou de l'industrie lourde. Le tertiaire cherche à se positionner au carrefour d'opportunité et se concentre à notre époque dans les centres directionnels, autour des aéroports bien qu'il n'existe, a priori, aucun critère physique de localisation. Un système de taxation pourrait inciter les entreprises à s'installer dans des lieux à logements. Pierre Radanne propose une taxation de l'instinct grégaire du tertiaire...

**Taxe carbone ou quotas ?** Pour Pierre Radanne, les systèmes de quotas d'émissions et les certificats d'économie d'énergie, lorsqu'ils sont applicables, sont bien meilleurs que la taxation avec une meilleure efficacité. En effet, la régulation est faite sur des quantités et concernant le climat, nous sommes devant un problème de volume physique. Mais les mécanismes de Kyoto sont difficilement applicables aux activités mobiles comme les transports. La fiscalité devient alors nécessaire, mais il ne peut y avoir de politiques de prix du pétrole élevés sans politiques sociales cohérentes. Un certain nombre d'acteurs proposent également de taxer aux frontières le contenu en carbone des produits issus des pays émergents pour éviter la concurrence entre des processus de production «propres» plus chers et des processus meilleur marché mais non propres. Pour l'industrie et le bâtiment, le système des certificats d'économie d'énergie a une réelle efficacité. N'oublions pas que c'est l'Europe qui a mis en

place les systèmes de quotas et de marchés... Aux États-Unis, un certain nombre d'acteurs commencent à parler de taxe carbone (OMC) face à la teneur en carbone des produits issus des pays émergents. Ils envisagent de mettre des taxes frontières représentatives du contenu carbone des produits.

L'organisation est fondamentale dans cette transition vers le Facteur 4. Entreprises comme particuliers, acteurs de la mutation, devront être relayés, par la définition claire des priorités des politiques et leur engagement financier. D'autre part, la régulation par la puissance publique, à l'échelle européenne, nationale ou régionale, nécessite une aspiration absolue d'équité sociale et de responsabilité par rapport à l'ensemble des populations mondiales, sans quoi ce changement sera effectivement inacceptable quelle qu'en soit l'issue.



*Il est nécessaire de créer des logements là où se situe l'activité et accepter de localiser différemment l'emploi pour le rapprocher des zones d'habitat, à l'exemple de Plaine commune.*

P. Guignard/La Documentation française/Région Île-de-France/Laurif

## Références bibliographiques

- **Assemblée Nationale, Jean-Yves Le Déaut, Nathalie Kosciusko-Morizet** (2006), *Rapport n° 3021 au nom de la mission d'information sur l'effet de serre (tome 1 : rapport - tome 2 : auditions)*
- **Conseil régional d'Île-de-France**, *Rapport de la délibération n° CR44-06 du 17 mai 2006 : plan régional pour la maîtrise de l'énergie, le développement des énergies locales et renouvelables et la réduction de l'effet de serre dans l'habitat et le tertiaire*
- **DATAR, sous la direction de Pierre Mirabaud** (2005), *Territoires 2030 n° 2005/2. Changement climatique, énergie et développement durable des territoires*
- **Futuribles, Jean-Louis Bal, Bernard Chabot** (2006), *Numéro spécial n° 315 consacré aux défis énergétiques et climatiques*
- **Futuribles, Véronique Lamblin** (2006), *Bibliographie prospective*
- **Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC)** (1990, 1995, 2001, 2007), quatre rapports d'évaluation sur le défi des risques climatiques
- **Journal officiel, Loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique**
- **Ministère de l'Écologie et du Développement durable, Mission interministérielle de l'effet de serre** (2004), *Plan climat*
- **Ministère de l'Écologie et du Développement durable, ministère délégué à l'Industrie, DGEMP** (2006), *Projet de rapport du Groupe de travail Facteur 4, version 2.9. 27*
- **Pierre Radanne** (2005), *Énergies de ton siècle ! Des crises à la mutation*
- **Protocole de Kyoto à la convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques**, adopté le 11 décembre 1997, entrée en vigueur le 16 février 2005
- **Sénat, Aymeri de Montesquiou** (2006), *Rapport d'information n° 259 fait au nom de la délégation pour l'Union européenne sur la politique européenne de l'énergie*

© IAU Île-de-France

© IAU Île-de-France





# L'habitat et les bâtiments tertiaires face aux enjeux énergétiques

Notre vie quotidienne dans les bâtiments franciliens représente 60 % de la consommation énergétique régionale. Les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont très importantes à travers le chauffage, la climatisation, la production d'eau chaude, la cuisson des aliments et l'utilisation de l'électricité.

Diviser par quatre les émissions régionales à l'horizon 2050 est un objectif techniquement réalisable dans l'habitat et les bâtiments tertiaires (bureaux, commerces, patrimoine communal, équipements publics).

Mais concrètement, malgré les incitations fortes aux travaux d'économies d'énergie, les exigences réglementaires renforcées, les campagnes de sensibilisation auprès du grand public et les actions de formation auprès des professionnels, les progrès se diffusent lentement.

Bâtiments neufs à rendre encore plus performants, bâtiments anciens à réhabiliter aux nouvelles normes, l'enjeu ne concerne pas moins de 4,5 millions de résidences principales et 48 millions de mètres carrés de bureaux, dont la moitié est à restructurer.

Un challenge moteur qui requiert l'énergie positive de tous les acteurs du bâtiment.





A. Pancher / Aurif

## Facteur 4 : une stratégie «gagnant-gagnant» pour les professions du bâtiment

Pierre Hérant<sup>(1)</sup>  
Ademe

Les acteurs du secteur du bâtiment se sont résolument engagés à diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre du bâti d'ici 2050 (stratégie nationale dite du Facteur 4). Des actions sont actuellement mises en œuvre en France sous forme d'un programme national de soutien à la recherche et développement et aux bâtiments démonstrateurs, d'incitations fortes aux travaux d'économies d'énergie, d'exigences réglementaires renforcées, de campagnes de sensibilisation du grand public et d'actions de formation auprès des professionnels.

### *A 'win-win' strategy for the construction industry*

*The construction sector is resolutely committed to the national strategy known as "Factor 4": divide greenhouse gas emissions by four before 2050. Steps have already been taken in France with the implementation of a national research and development programme, demonstration buildings, strong incentives for energy-saving upgrades, reinforced requirements, marketing campaigns aimed at raising public awareness, and professional training programmes.*

(1) Chef du Département bâtiment et urbanisme à l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.



## Le Facteur 4, un objectif à tenir

La France a inscrit l'objectif du Facteur 4, successivement dans sa stratégie nationale de développement durable en juin 2003, dans le Plan climat en juillet 2004, puis dans la loi de programme fixant les orientations de sa politique énergétique en juillet 2005. Réaliser le Facteur 4 consiste, en d'autres termes, à réduire de 75 % en 45 ans<sup>(2)</sup> les émissions de gaz à effet de serre. Si l'on considère la totalité des secteurs économiques, on constate que deux secteurs en France ne sont pas encore parvenus à faire décroître leurs émissions : le secteur des transports, trop fortement dépendant des hydrocarbures, et celui du bâtiment, du fait de la croissance continue du parc de bâtiments et de l'apparition régulière d'usages énergétiques nouveaux tels que l'ordinateur domestique, le séchage du linge, le rafraîchissement des locaux, les liaisons informatiques à débit rapide...



Lotissement dit l'Écrin de Magny, labellisé Habitat et environnement avec capteurs solaires et puits canadien, Magny-les-Hameaux, Yvelines.

B. Raoux/laurif

## Parcs par usage et consommations énergétiques finales en France (2002 – climat normal)

	Nombre (millions de logts)	Surface (millions de m <sup>2</sup> )	Consommation				
			électricité (TWh)	gaz (TWh)	autres (TWh)	totale (TWh)	%
Maisons individuelles	14,0	1 442	85,5	99,7	99,9	285	43,2
Immeubles collectifs	10,5	693	42,1	89,8	35,0	167	25,3
Total résidences principales	24,5	2 135	127,6	189,5	134,9	452	68,5
Bâtiments tertiaires		814	84,4	68,6	55,2	208	31,5
<b>Total</b>		<b>2 949</b>	<b>212,0</b>	<b>258,0</b>	<b>190,1</b>	<b>660</b>	<b>100,0</b>

Source : Ademe

Si dans le secteur des transports, les solutions apparaissent actuellement très difficiles à identifier, à l'inverse, le secteur du bâtiment semble d'ores et déjà pouvoir constituer une des clés permettant de réduire la consommation énergétique. Le traitement du bâti et de son fonctionnement offre en effet des possibilités d'évolutions importantes.

### Le rôle clé du secteur du bâtiment

Le secteur du bâtiment joue un rôle clé dans le Facteur 4, d'autant plus que les choix qui sont réalisés aujourd'hui nous engagent pour la durée de vie des bâtiments et des équipements, c'est-à-dire pour des décennies.

D'ores et déjà, les bâtiments peuvent utiliser plusieurs sources d'énergie, dont les énergies renouvelables. Il est possible de combiner ces énergies et de les modifier plusieurs fois, le cas échéant, sur la durée de vie des immeubles.

Les travaux d'amélioration des performances énergétiques des bâtiments, programmables sur plusieurs années, renforcent aussi à chaque fois la valeur patrimoniale du bien.

Par ailleurs, les occupants des bâtiments conservent des comportements relativement constants au cours du temps. Si leurs besoins évoluent, cette évolution se fait généralement sur des cycles longs, sans rupture brutale, et peut être raisonnablement anticipée.

### D'où part-on ?

Le secteur du bâtiment consomme actuellement 70 millions de tonnes d'équivalent pétrole, soit 43 % de l'énergie finale totale. C'est chaque année plus d'une tonne d'équivalent pétrole consommée par chaque Français. Il génère parallèlement 120 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>, soit 25 % des émissions nationales. Ceci correspond à 32,7 millions de tonnes de carbone, soit une demi tonne de carbone libérée chaque année dans l'atmosphère par chaque Français.

Parmi les différents gaz à effet de serre émis par les bâtiments, le CO<sub>2</sub> représente le gaz majoritaire à hauteur de 96 % en raison du contenu élevé en carbone des combustibles fossiles consommés pour le chauffage ainsi que de l'électricité utilisée lors des périodes très froides. L'énergie est consommée pour deux tiers dans les logements et pour un tiers dans le secteur tertiaire. Cette proportion reste sensiblement constante depuis vingt ans.

On compte actuellement en France 29,7 millions de logements dont 24,5 millions de résidences principales, 3,1 millions de résidences secondaires et 2,1 millions de logements vacants. Les résidences principales représentent une surface d'environ 2,1 milliards

(2) Cela suppose que les pays industrialisés, dont la France, réduisent leurs émissions de gaz à effet de serre d'environ 3 % par an sur les cinquante prochaines années, Protocole de Kyoto, 1997.

de mètres carrés, auxquels s'ajoutent 814 millions de mètres carrés de surface chauffée du secteur tertiaire.

Ces 3 milliards de mètres carrés chauffés seront tous à traiter pour parvenir au Facteur 4, ce qui nécessitera de réaliser un effort sans précédent de réhabilitation du parc ancien et récent.

Rappelons que les bâtiments dits anciens sont les bâtiments construits avant 1975, date de mise en place de la première réglementation énergétique. Les bâtiments dits récents sont ceux construits depuis 1975. Ces bâtiments anciens et récents sont, dans leur globalité, qualifiés de bâtiments existants et ils constituent le stock actuel de bâtiments.

Les bâtiments neufs sont ceux construits au cours de l'année écoulée. Ils représentent le flux annuel de construction. La valeur moyenne sur la période 1990-2002 a été de 300 000 logements et de 12,4 millions de mètres carrés de bâtiments tertiaires chauffés. Elle connaît ces dernières années une très forte hausse.



*Immeubles de la fin des années 1970 avec capteurs solaires collectifs et verrière, Guyancourt, Yvelines.*

B. Raoux/laurif

### Répartition des résidences principales par tranche d'âge et consommations énergétiques finales en France (2002 – climat normal)

	Ancien		Récant		Neuf
	Parc (millions de logements)	Consommation (TWh)	Parc (millions de logements)	Consommation (TWh)	Parc (millions de logements)
Maisons individuelles	9,1	192,6	4,9	92,5	0,22
Immeubles collectifs	6,8	123,6	3,7	43,3	0,10
<b>Total logements</b>	<b>15,9</b>	<b>316,2</b>	<b>8,6</b>	<b>135,8</b>	<b>0,32</b>

Source : Ademe

### Le poids de l'existant

Le taux de renouvellement des bâtiments anciens par des bâtiments neufs est de l'ordre de 1 % par an. Si aucun effort supplémentaire n'était réalisé, ce faible taux, associé au rythme actuel des réhabilitations<sup>(3)</sup> n'entraînerait un relèvement des performances énergétiques de la totalité des bâtiments construits avant 1975 que dans plus d'un siècle.

Le poids des bâtiments construits antérieurement aux réglementations thermiques est donc très important. Il pourrait constituer entre 60 et 75 % du parc en 2050.

On constate cependant une réduction régulière de la consommation totale de ce parc ancien. Elle a diminué de

44 % entre 1973 et 2001 du fait du renouvellement des chaudières vétustes, dont la durée de vie est nettement inférieure à celle du bâti, et des travaux d'amélioration de l'isolation thermique réalisés par les ménages dans leurs logements.

Depuis un grand nombre d'années, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) fait mesurer par la Sofres le taux de réalisation et les investissements en travaux de maîtrise de l'énergie conduits chaque année par les ménages. Ceux-ci concernent une part relativement stable de 11 à 12 % des ménages qui investissent en moyenne 25 euros par mètre carré de surface habitable. Ces



*Pour parvenir au Facteur 4, il sera nécessaire d'investir de 200 à 400 euros par mètre carré.*

B. Raoux/laurif

améliorations sont cependant très insuffisantes pour placer le secteur du bâtiment sur la trajectoire du Facteur 4.

Pour parvenir au Facteur 4, il sera nécessaire d'investir beaucoup plus, de l'ordre de 200 euros par mètre carré pour des bâtiments relativement faciles à traiter et jusqu'à 400 euros par mètre carré pour des bâtiments plus délicats à réhabiliter ou nécessitant une intégration forte d'énergies renouvelables. Rapporté au parc total chauffé de 3 milliards de mètres carrés de bâtiments, ceci correspondrait à un investissement total cumulé d'ici 2050 compris entre 600 et 1 200 milliards d'euros afin de réduire, au plus près du Facteur 4, les consommations énergétiques totales de tous les bâtiments en service. Les deux tiers de cet investissement concerneraient les ménages pour des montants qui seraient de l'ordre de 20 000 à 40 000 euros à investir par logement en trois à quatre décennies.

Afin de tendre vers cette amélioration énergétique de l'ensemble des constructions, de nombreuses nouvelles mesures ont été élaborées en France, principalement sous l'impulsion de la Directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments.



*Maison des enfants et de la nature, avec des bâtiments en bois européens et ossature bois, Grigny, Essonne.*

B. Rooux/laurif

Elles concernent notamment les réglementations énergétiques des bâtiments neufs et existants, le diagnostic de performance économique (DPE), les visites périodiques des chaudières et des équipements de climatisation, les soutiens financiers (crédits d'impôts) aux investissements de maîtrise de l'énergie, les certificats d'économies d'énergie...

Ces mesures nécessiteront d'être encore complétées pour aller plus loin, afin de permettre la réhabilitation

énergétique de la quasi-totalité du parc existant.

Ceci nécessitera dans les prochaines années des efforts organisationnels, technologiques et financiers très importants.

### **De voiture-balai, la réglementation énergétique des bâtiments devient locomotive**

En imposant régulièrement des niveaux de performances plus élevés, les réglementations énergétiques permettent de réactiver la recherche sur les composants, les équipements et la conception d'ensemble, ce qui permet ensuite de fixer de nouvelles exigences. Ce cercle vertueux est une nécessité pour simultanément lutter contre le réchauffement climatique et anticiper l'épuisement des sources d'énergie traditionnelles.

(3) On entend par *renovation* des interventions lourdes sur le bâti et par *réhabilitation* des actions plus limitées (changement des fenêtres, des chaudières, de l'isolation intérieure...).

### **Les priorités de la réglementation thermique 2005 :**

- imposer un maximum absolu de consommation en kilowattheures par mètre carré par type de bâtiment, soit un effort de 15 % ;
- faire des évaluations conventionnelles des émissions de CO<sub>2</sub> ;
- introduire les énergies renouvelables dans les systèmes de référence, notamment les chaudières bois, l'eau chaude sanitaire solaire, les pompes à chaleur (coefficient de performance supérieur à 3) ;
- augmenter les exigences de performance des chauffages électriques en restreignant l'usage des simples convecteurs et en isolant des ballons électriques ;
- renforcer les préconisations concernant l'éclairage ;
- favoriser la conception bioclimatique, notamment par une meilleure prise en compte de l'orientation et de l'exposition solaire ;
- renforcer les exigences sur le confort d'été et mieux prendre en compte l'inertie thermique des bâtiments : l'introduction de la climatisation n'ouvre pas droit à consommer plus annuellement.

Source : Plan climat, 2004





Ballon tampon relié aux capteurs pour eau chaude sanitaire, Syndicat intercommunal vallée de l'Essonne.

B. Raoux/laurif



Jardins ouvriers avec récupération d'eau pluviale, Base de loisirs, Etampes.

B. Raoux/laurif

## Le programme de recherche sur l'énergie dans le bâtiment (Prebat)

Le PREBAT dispose d'un budget pluri-annuel de 5 millions d'euros en 2005, 10 millions d'euros en 2006 et 15 millions d'euros par an à partir de 2007. Deux grands programmes sont prioritaires :

- la modernisation durable des bâtiments existants. Au-delà des avancées technologiques, l'intervention sur le cadre bâti suppose un travail spécifique sur l'adaptation aux typologies des bâtiments existants ;
- vers des bâtiments neufs à énergie positive. L'effort de recherche doit porter sur les générations de bâtiments à mettre en œuvre au-delà de la réglementation thermique 2005. L'objectif est d'arriver, à un horizon de dix ans, à une part significative dans la construction neuve de bâtiments «très performants» (consommant deux à trois fois moins qu'aujourd'hui et produisant une part de leur énergie), puis à un horizon plus lointain à une part significative de bâtiments à énergie positive.

Source : Plan climat, 2004

Le rythme de parution des réglementations thermiques relatives aux bâtiments neufs s'est accéléré depuis l'année 2000 en France. Parallèlement, des exigences réglementaires sont en cours de mise en place pour les bâtiments existants.

Ces nouveaux efforts demandés aux professions du bâtiment sont évidemment liés aux émissions très importantes de gaz à effet de serre de ce secteur d'activité.

Le Facteur 4 ne peut malgré tout constituer un objectif réaliste pour l'ensemble des bâtiments existants. Si l'on considère qu'une part non négligeable du parc ancien ne pourra parvenir à diviser par quatre ses émissions de gaz à effet de serre pour des raisons économiques ou techniques, il faudra donc, en compensation, que la totalité des bâtiments neufs devienne très faiblement énergétivore.

Un écart de cinq années seulement a séparé la publication de la réglementation thermique 2000 (RT 2000) de celle de 2005 (RT 2005) mettant en place un nouveau renforcement de 15 % des exigences sur les bâtiments neufs en France. Douze années s'étaient écoulées entre la RT 1988 et la RT 2000. Les pouvoirs publics annoncent déjà la RT 2010 et un nouveau saut de 15 %.

Les bâtiments neufs devront donc pousser de plus en plus loin leurs performances énergétiques en mettant en application les résultats issus de la recherche et en intégrant très fortement les énergies renouvelables.

Cependant, même en admettant que ces derniers parviennent au Facteur 7 à 8 (c'est-à-dire sept à huit fois moins d'émissions de gaz à effet de serre qu'un bâtiment de même configuration construit en 2000), il ne sera tout de même pas possible de boucler le bilan du fait du poids très faible du flux par rapport à celui du stock.

## Les bâtiments à énergie positive, un challenge moteur

Pour atteindre l'objectif fixé, il faudrait qu'une grande partie des bâtiments neufs soient encore plus performants. C'est-à-dire qu'ils ne soient plus consommateurs d'énergie, aussi faible cette consommation soit-elle, mais producteurs nets d'énergie grâce à une très forte intégration, dès leur conception, d'équipements utilisant des énergies renouvelables. Cette ambition ne pourra être atteinte que par des efforts très importants en matière de recherche et développement et d'expérimentation.

C'est l'objet du Prebat, le Programme national de recherche et d'expérimentation sur l'énergie dans les bâtiments lancé en 2005 en France et mis en place dans sa première phase jusqu'en 2009, puis reconductible ensuite.

Le Prebat engage cinq ministères (Logement, Équipement, Écologie, Recherche, Industrie) aux côtés de cinq agences nationales : Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), Anah (Agence de l'amélioration de l'habitat), ANR (Agence nationale de la recherche), Anru (Agence nationale de rénovation urbaine) et Anvar (Agence nationale de

valorisation de la recherche dite «Agence française de l'innovation»).

Il permet de soutenir par le biais d'appels à propositions réguliers des centaines d'acteurs du bâtiment désireux de progresser.

Il crée ainsi les conditions d'une mobilisation la plus complète possible, afin d'optimiser ou de renouveler les technologies habituelles, mais également de faire entrer beaucoup plus fortement et de façon généralisée les énergies renouvelables dans le secteur du bâtiment.

La preuve en sera apportée à partir de 2007 par la réalisation en France de bâtiments démonstrateurs à très hautes performances énergétiques, dont la réalisation et le suivi sur leurs premières années de fonctionnement seront également soutenus dans le cadre du Prebat.

Les résultats de la recherche et des expérimentations permettront de relever les niveaux des exigences réglementaires, ce qui autorisera de nouveaux efforts de recherche. C'est donc un cercle vertueux qui se met en place en France. Loin d'être morose, il constitue un cadre très volontariste permettant nombre d'opportunités.

## Une stratégie «gagnant-gagnant»

Renouvellement des techniques, élargissement des métiers, technicité accrue, créativité constituent quelques-uns des enjeux proposés aux professions du bâtiment.

Les crises peuvent constituer des opportunités pour autant qu'elles soient anticipées. L'objectif de ces évolutions est bien de placer au plus vite en France les professions du bâtiment sur la trajectoire du Facteur 4, dans l'optique d'une stratégie gagnant-gagnant.

S'attaquer à ce challenge permettra de relever à la fois le défi du réchauffement climatique et créer de nouvelles possibilités d'entraîner un grand nombre de jeunes à se former aux métiers de la construction, sur les chantiers, dans les bureaux d'études, dans les centres techniques et dans les laboratoires de recherche.



Les «Toits bleus» à Montreuil, Seine-Saint-Denis.

E. Garault/Laurif



*The Île-de-France region's  
building stock:  
energy challenges in housing  
and the service sector*

*More than half of energy consumption in the Paris region occurs in buildings, of which two thirds is in housing and one third in the service sector.*

*With 4.5 million primary residences, 48 million square metres of office space, and a high level of commercial development, Île-de-France possesses the means for action and a substantial margin for improvement in terms of energy consumption. Though 'Factor 4' seems realistic considering the potential for change in the building sector, we are nonetheless far from a systematic consideration of environmental criteria in construction and the widespread application of best practices to renovations.*

*With the relatively slow pace of construction in Île-de-France, effort should be concentrated on rehabilitation of the existing building stock. Nevertheless, the diverse characteristics and conditions of this stock, the complexity of the interactions between industry players, and the distribution of costs among them all impede a wider diffusion of improved technologies.*

## Le parc francilien : les enjeux énergétiques dans l'habitat et le tertiaire

**Pascale Leroi**  
**Lucile Mettetal**  
laurif

**E**n Île-de-France, plus de la moitié des consommations énergétiques proviennent du bâtiment dont deux tiers dans l'habitat et un tiers dans le tertiaire.

Avec 4,5 millions de résidences principales, 48 millions de mètres carrés de bureaux et un équipement commercial très développé, l'Île-de-France dispose d'un levier considérable et d'importantes marges d'amélioration énergétique.

Si le Facteur 4 semble réaliste eu égard au potentiel d'évolution du secteur du bâtiment, nous sommes loin d'une prise en compte systématique des critères environnementaux dans la construction et d'une généralisation des bonnes pratiques dans la rénovation.

Avec un niveau de construction assez faible en Île-de-France, l'effort doit se concentrer sur la réhabilitation du parc existant. Néanmoins, la diversité des situations et des caractéristiques du parc, la complexité du jeu des acteurs et de la répartition des coûts, sont autant de freins à une diffusion massive des meilleures technologies.



## L'habitat : des consommations liées aux caractéristiques du parc

Les consommations énergétiques du parc de logements s'élèvent en moyenne à 220 kilowattheures par mètre carré et par an (kWh/m<sup>2</sup>/an) dont les trois quarts sont liées au chauffage, principal responsable des émissions de gaz à effet de serre.

Les consommations d'énergie dans les bâtiments sont réparties en quatre postes<sup>(1)</sup> :

- le chauffage : 74 % ;
- l'électricité spécifique (éclairage, électroménager, multi-média...) : 11 % ;
- l'eau chaude sanitaire : 9 % ;
- la cuisson : 6 %.

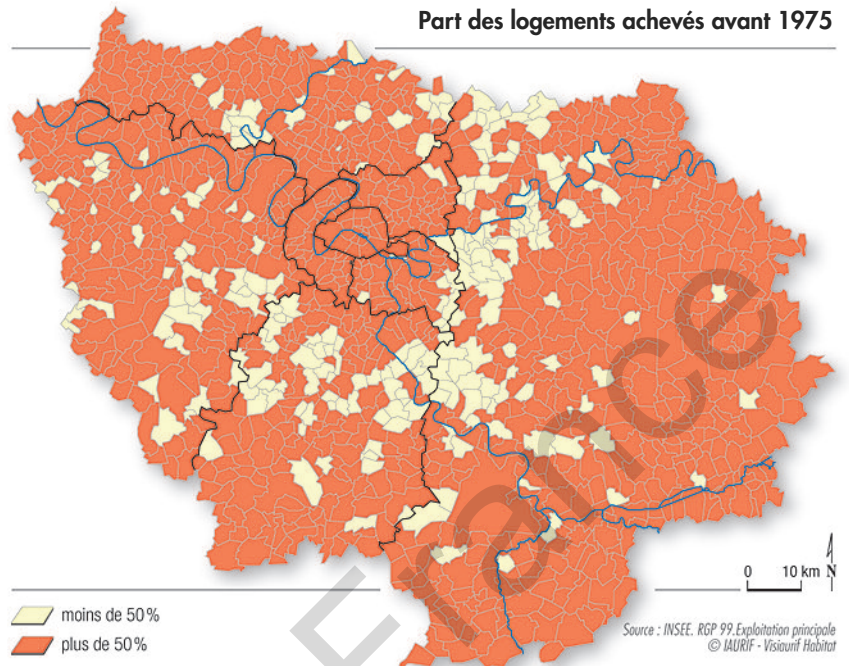
On assiste globalement à une baisse des consommations de chauffage et d'eau chaude sanitaire (isolation thermique et amélioration des performances des équipements) et à une nette augmentation des consommations d'électricité spécifiques dues principalement aux équipements de multimédia et révélatrice de l'évolution de nos modes de vie.

Les énergies utilisées pour le chauffage et les consommations varient en fonction des catégories de logement et de leur ancienneté. Les constructions antérieures à 1975, date de la première réglementation thermique, sont les plus gourmandes en énergie. Elles consomment en moyenne 375 kWh/m<sup>2</sup>/an contre 100 kWh/m<sup>2</sup>/an pour les constructions postérieures à 2000. En Île-de-France, les habitations anciennes représentent 72 % du parc, elles représenteront encore 50 % du parc en 2030 et 43 % en 2050.

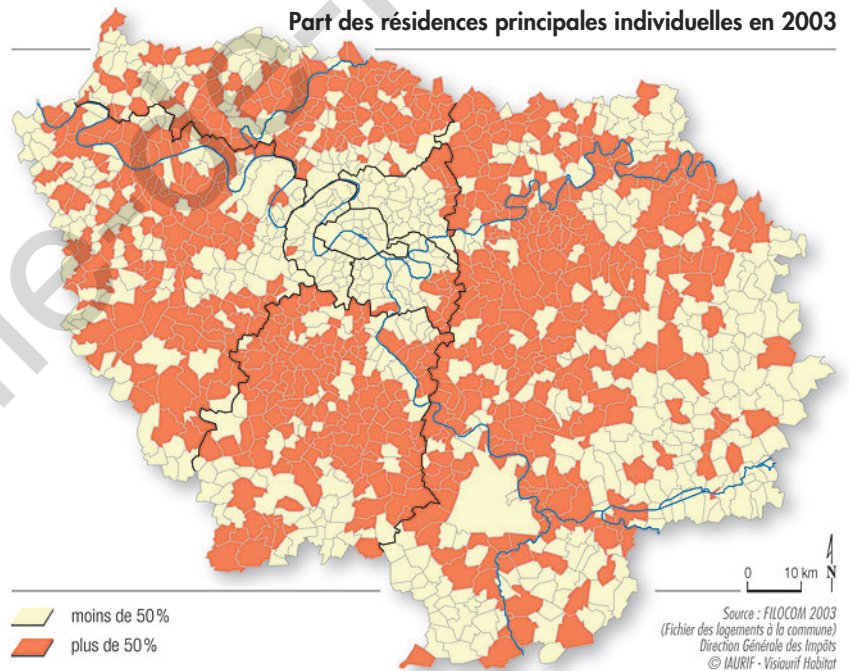
De par leur taille et leurs conditions d'isolation thermique, les maisons individuelles consomment relativement plus d'énergie pour leur chauffage que les immeubles collectifs

(1) Institut français de l'environnement, 2004.

Part des logements achevés avant 1975



Part des résidences principales individuelles en 2003



### Les consommations liées au chauffage en Île-de-France, par année de construction du bâtiment

	Collectif (kWh/m <sup>2</sup> /an)	Individuel (kWh/m <sup>2</sup> /an)
Avant 1915	114	198
1916-1948	120	217
1949-1967	149	215
1968-1975	171	244
1976-1981	131	125
1982-1989	86	91
1990-1999	63	83
<b>Moyenne totale</b>	<b>125</b>	<b>174</b>

Source : Énergie Demain / Aurif



Construction de dix-sept logements «habitat et environnement», rue Louis Blanc, Paris Xe.

A. Pancher/laurif

(174 kWh/m<sup>2</sup>/an de consommations liées au chauffage en maison individuelle contre 125 kWh/m<sup>2</sup>/an en immeuble collectif). En Île-de-France, la maison individuelle représente 28 % du parc, contre 57 % au niveau national, mais elle est très présente en grande couronne (67 % du parc).

Les performances du parc social (chauffage et eau chaude) sont globalement meilleures que celles du parc privé, sa consommation moyenne est de 160 kWh/m<sup>2</sup>/an en 2002, contre 250 en 1982, avec néanmoins de grandes disparités en fonction des logements puisque ce chiffre oscille entre 80 kWh/m<sup>2</sup>/an et 400 kWh/m<sup>2</sup>/an.

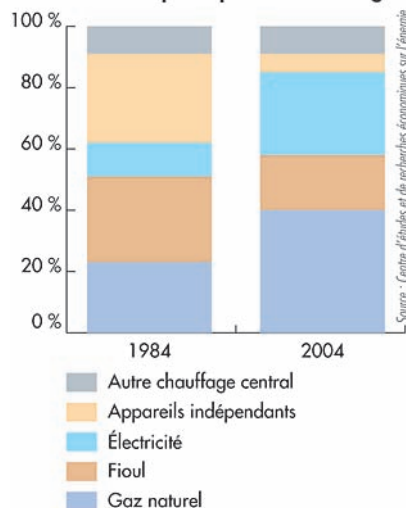
Les factures de chauffage et d'eau chaude sanitaire représentent 44 % des charges dans le parc social. Il y a vingt ans, ce poste représentait 68 % des charges. Durant cette période, le bâti, les équipements et les contrats se sont améliorés. La part du parc récent a augmenté, les nouvelles constructions sont majoritairement équipées de chauffage individuel. Une partie du parc ancien fait l'objet de rénovation et de démolition et les organismes ont progressivement opté pour le gaz. En 2004, celui-ci équipait les deux tiers des logements contre à peine la moitié vingt ans plus tôt.

### L'évolution des choix énergétiques et des modes de chauffage dans l'habitat

L'électricité couvre presque la moitié des consommations énergétiques des logements franciliens mais seulement 27 % des consommations de chauffage, qui sont assurées à 40 % par le gaz et 18 % par le fuel.

Si la moitié des logements construits dans les années 1980 ont été dotés d'une installation de chauffage électrique, à partir de 1999, le gaz naturel a gagné la construction neuve en équipant quatre logements sur dix. Souvent

#### Les énergies utilisées dans l'habitat selon le mode principal de chauffage



choisi dans les travaux de rénovation de l'habitat ancien, le gaz est devenu la première énergie de chauffage.

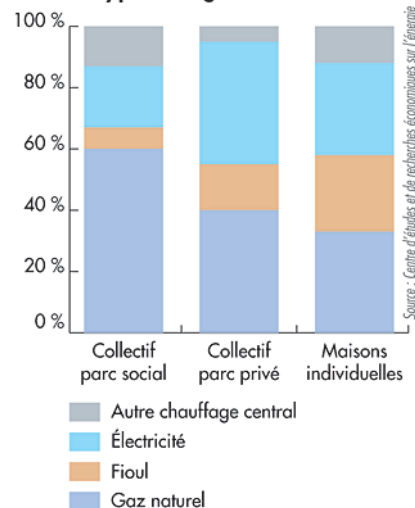
Malgré des coûts de fonctionnement élevés, le chauffage électrique se développe dans le parc privé et principalement dans le collectif grâce à ses qualités de simplicité et de souplesse et laisse la place au gaz dans le parc social où six logements sur dix l'utilisent.

L'usage du fioul a fortement diminué : avec 18 % des logements équipés en 2004 contre 28 % en 1984, il reste implanté dans l'habitat individuel ancien et assure encore le chauffage d'un tiers des maisons construites avant 1975, localisées pour une grande part en zone rurale et n'ayant pas accès au gaz.

Parce que les installations individuelles sont plus facilement ajustables aux besoins et aux ressources des ménages, les immeubles collectifs avec chauffage individuel ont une consommation relative nettement plus faible que les immeubles avec chauffage collectif : alors qu'ils représentent 25 % des logements en France, ils ne consomment que 12 % de l'énergie dédiée au chauffage<sup>(2)</sup>.

En Île-de-France, le chauffage collectif représente encore 33 % du parc<sup>(3)</sup> contre 16 % en France. Le chauffage

#### Le mode principal de chauffage selon le type de logement en 2004





individuel a l'avantage de responsabiliser les occupants face aux dépenses énergétiques, il est en progression ces dernières années en Île-de-France mais reste inférieur à la moyenne nationale.

## L'enjeu du parc de logements existants

En 2004, l'Île-de-France est la région qui construit le moins. L'amélioration des performances thermiques du parc repose essentiellement sur la rénovation des logements anciens.

Avec 34 000 logements en moyenne construits entre 2000 et 2005, le territoire francilien se caractérise par une baisse de la construction dans l'individuel et une stagnation dans le collectif, mais le nouveau schéma directeur prévoit de construire 60 000 logements par an, c'est à dire 1,5 millions de logements d'ici 2030, logements qui devraient bénéficier de la dernière réglementation thermique.

La baisse de la construction se traduit par un faible renouvellement du parc, soit 0,25 %. Entre 1990 et 1999, le renouvellement du parc a été de 14 000 logements par an, niveau légèrement inférieur à celui enregistré précédemment et qui n'a plus rien à voir avec celui de l'époque des grandes opérations de rénovation urbaine (autour de 30 000 logements par an)<sup>(4)</sup>.

Le parc existant, sur lequel il faudrait agir de façon plus systématique si on veut atteindre le Facteur 4, échappe aujourd'hui aux réglementations thermiques. Deux nouvelles mesures, dont les décrets viennent de paraître, sont sur le point d'y remédier<sup>(5)</sup>.

(2) Observatoire de l'énergie, octobre 2004.

(3) Enquête nationale logement, 2002.

(4) Sítadel-Dreif.

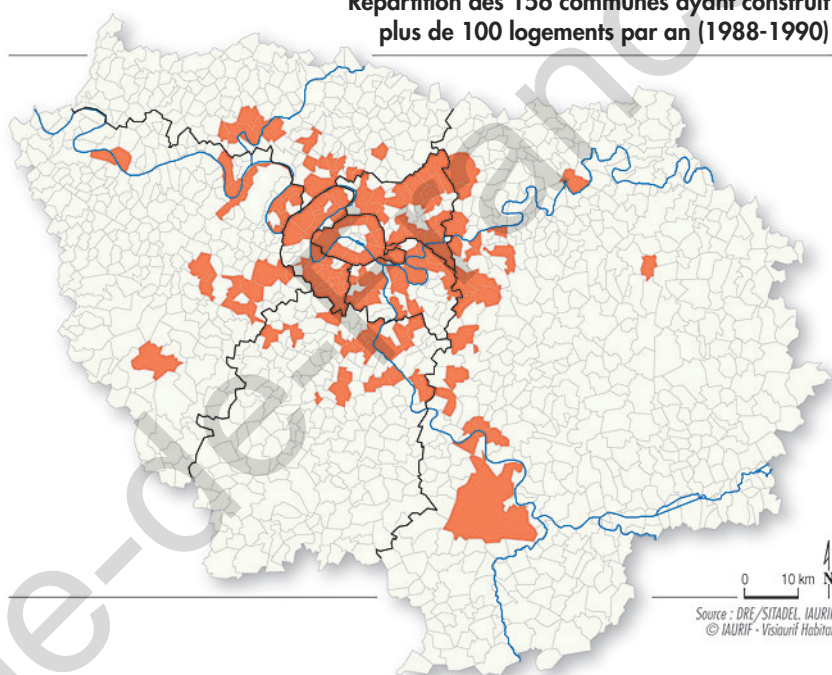
(5) Arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants.

## Répartition et évolution du mode de chauffage en Île-de-France et en France

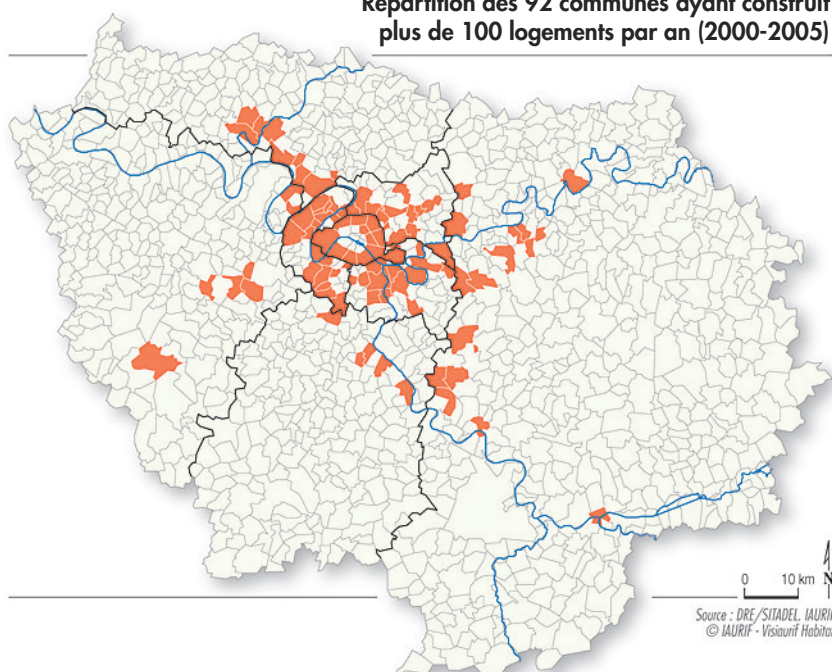
Mode de chauffage du logement	Île-de-France		France	
	1992	2002	1992	2002
Chauffage urbain	7,5 %	6,7 %	3,0 %	2,8 %
Chauffage collectif	35,5 %	32,6 %	19,3 %	16,5 %
Chauffage individuel	30,4 %	34,4 %	40,0 %	45,2 %
dont chauffage individuel en immeuble collectif	16,1 %	19,6 %	22,9 %	25,7 %
Chauffage électrique individuel	12,6 %	23,7 %	18,3 %	26,5 %

Source : Enquêtes nationales logement (1992-2002)

## Répartition des 156 communes ayant construit plus de 100 logements par an (1988-1990)



## Répartition des 92 communes ayant construit plus de 100 logements par an (2000-2005)





À compter du 1<sup>er</sup> novembre 2007, les chaudières, les fenêtres, les isolations, les radiateurs, les ballons de production d'eau chaude, les climatiseurs, etc. installés à l'occasion de tous travaux de réhabilitation d'un bâtiment existant, devront respecter des exigences de performance énergétique ; et à compter du 1<sup>er</sup> avril 2008, ces exigences seront renforcées pour les réhabilitations lourdes de bâtiments de plus de 1 000 m<sup>2</sup>.

La solution d'une réglementation exigeant, lors des réhabilitations, les mêmes critères énergétiques que pour le neuf, semble une disposition efficace, à condition que le seuil de 1 000 m<sup>2</sup> soit progressivement abaissé pour inclure les maisons individuelles, et que la rénovation touche une plus grande partie du parc.

Considérant que le nombre de mutations (environ 160 000 par an en Île-de-France) est à l'échelle du parc à réhabiliter d'ici 2050, la solution réglementaire proposée par l'association Negawatt est d'introduire une exigence d'amélioration de la performance énergétique à l'occasion de la vente des logements avec un objectif ambitieux de 50 kWh/m<sup>2</sup>/an. Son application systématique permettrait d'éviter les difficultés de prise de décision dans les copropriétés en agissant logement par logement, mais serait très contraignante financièrement pour les particuliers.

En moins directif, le diagnostic de performance énergétique (DPE), l'une des exigences de la directive sur la performance énergétique des bâtiments du 16 décembre 2002, rejoint cette volonté d'agir logement par logement. Il s'agit, dans un premier temps, d'informer le futur propriétaire ou locataire d'un bâtiment de sa consommation énergétique et du coût environnemental que cela représente. Depuis le 1<sup>er</sup> novembre 2006, le DPE est obligatoire pour vendre un bien au même titre que les autres diagnostics (amiante,



Réhabilitation et résidentialisation avec intégration d'un mur anti-bruit, logements HLM, rue Bédier, Paris XIII<sup>e</sup>.

L. Mettetal/laurif

plomb et termite) ; cette obligation s'étendra aux locations en septembre 2007. La lecture du diagnostic est facilitée par une estimation des investissements à réaliser en faveur de l'efficacité énergétique et par l'utilisation d'une double étiquette portant la mention (de A à G) de la performance du bâtiment, en terme de consommation et d'impact sur l'effet de serre.

Les acquéreurs ont, semble-t-il, tout à y gagner, mais cette mesure suscite quelques réserves quant aux moyens mis en œuvre, à savoir la compétence et l'indépendance des diagnostiqueurs, dont la certification n'est prévue qu'à partir de novembre 2007. Le diagnostic lui-même provoque quelques interrogations, si le référentiel national adopté pour l'habitat individuel intègre des critères fiables et objectifs, pour les logements équipés d'un chauffage collectif, le diagnostic est effectué à partir des factures ou des relevés de charges. Et si le diagnostic ne correspond pas à la réalité, si l'acquéreur reçoit des factures peu conformes à celui-ci, aucun recours n'est possible puisqu'il n'a pas de valeur juridique ; autrement dit, le diagnostic est inopposable au tiers.

On peut néanmoins lui reconnaître une certaine valeur, celle d'améliorer la transparence et la lisibilité sur le thème des consommations énergétiques en rendant obligatoire l'information des futurs acquéreurs ou locataires, et de permettre à l'efficacité énergétique de devenir progressivement un critère dans l'évaluation d'un bien.

### Une variable forte : le comportement des ménages

Les dépenses d'énergie dans les logements représentent 2,8 % du budget des ménages en 2004 contre 4,6 % en 1984<sup>(6)</sup>.

Alors que le logement est devenu le premier poste du budget des ménages, que les surfaces des logements ont augmenté et que le confort thermique s'est amélioré, les consommations d'énergie par logement ont baissé ces vingt dernières années. Les incitations fiscales dans l'habitat ancien, les contraintes réglementaires dans le neuf

(6) Comptes du logement 2004. ministère de l'Équipement.

et des hivers globalement peu rigoureux ont entraîné une baisse des consommations de chauffage domestique, mais la politique de maîtrise de l'énergie n'a pas ralenti l'augmentation des consommations pour le fonctionnement des appareils ménagers et l'éclairage. Ces usages augmentent régulièrement, majoritairement couverts par l'électricité produite par le nucléaire, ils sont donc peu générateurs d'effet de serre mais ils accentuent la pression sur la production d'électricité, ce qui peut être problématique lors des vagues de chaleur ou de froid entraînant la mise en route de centrales thermiques.

À partir de 2004, on assiste à une évolution très nette du prix de l'énergie (+ 6 % en 2005), et on peut craindre une augmentation du nombre de ménages en situation de précarité face à des factures de plus en plus importantes. Si le prix de l'électricité est resté relativement stable, ceux du fioul et du gaz augmentent, touchant les populations rurales et celles du parc social, deux catégories dont les revenus sont

inférieurs à la moyenne. Ajoutons à cela que les actifs vivants en zone rurale, en dehors des agriculteurs, en utilisant davantage leur voiture, sont aussi très dépendants du prix des hydrocarbures. Dans le parc social, les locataires, dont les factures de chauffage et d'eau chaude représentent presque la moitié des charges, vont subir douloureusement la hausse des prix du gaz.

Les dépenses unitaires d'énergie varient selon le statut d'occupation, la dépense moyenne des propriétaires occupants est de 60 % supérieure à celle des locataires. Cet écart est dû aux différences de revenus et aux types d'habitation, les propriétaires occupent majoritairement des maisons individuelles.

Le statut d'occupation a également une incidence sur la maîtrise des investissements liés aux travaux de réhabilitation. À ce sujet, on peut citer une enquête annuelle de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), confiée à la Sofres, qui analyse les évolutions des com-

portements de maîtrise de l'énergie des ménages dans leurs logements : équipements, usages, travaux d'amélioration, dépenses et financement, satisfaction.

En 2004, la première raison citée pour la réalisation de travaux de maîtrise de l'énergie est l'augmentation du confort, pour 37 % des foyers, suivie de l'amélioration de l'isolation thermique (24 %) et du remplacement d'un appareil ou d'une installation vétuste ou en mauvais état (21 %).

La réduction de la facture énergétique n'arrive qu'à la quatrième place (21 %) mais avec une progression de 5 % par rapport à 2003.

Alors que la tendance, pendant les dix dernières années, était à l'augmentation des travaux d'isolation, en 2004, les travaux sur le chauffage reprennent de l'importance (+ 2 %). Les travaux d'isolation restent cependant largement majoritaires avec la pose de doubles vitrages et l'isolation des murs, sols et toits.

Parallèlement à l'amélioration des performances énergétiques des logements, faire évoluer les comportements des occupants est un moyen efficace de réduire nos dépenses énergétiques lorsque l'on sait qu'un degré en moins permet de diminuer 7 % de la consommation liée au chauffage ; ramener la température de son logement de 22 ° à 19 ° réduit d'environ 20 % la consommation. C'était l'objet du décret de 1974, tombé dans l'oubli dès lors que la crise pétrolière de 1973 s'est éloignée. Considérant que, pour la santé des occupants, il n'est pas souhaitable de chauffer un logement au delà de 19 °, il serait judicieux, à double titre, de réactiver cette disposition. Si l'on veut agir sur les comportements, il est nécessaire de montrer le lien entre l'enjeu planétaire et l'action individuelle concrète. L'école est un lieu où les messages peuvent s'articuler autour de savoirs et l'éducation



*Transformation d'un ancien entrepôt en maison d'habitation avec démarche HQE, Montreuil, Seine-Saint-Denis.*

A.Pancher/Laurif - Architecte : Christian Heckel, Atelier Méandre

à l'énergie recèle un potentiel important. Les stratégies de communication axées sur la réduction des gaz à effet de serre trouveront un écho d'autant plus positif que le public aura été sensibilisé et éduqué.

Les publics âgés ont un comportement différent de celui des personnes plus jeunes pour se chauffer. L'impact du vieillissement de la population a fait l'objet d'une étude de l'Ademe, du Puca (Plan, urbanisme, construction et architecture) et de leurs partenaires dans le cadre du programme de recherche «Bâtiments 2010», devenu le programme de recherche sur l'énergie dans le bâtiment (Prebat) en 2005. Cette étude nous apprend que *la température dans leur logement est beaucoup plus élevée que la moyenne. Et même si les personnes plus âgées ont tendance à être vigilantes dans leur consommation d'énergie, le chauffage du logement n'est pas un poste sur lequel elles entendent se restreindre.*

Ce constat est important s'il est rapproché des projections de population en Île-de-France ; la part des 60 ans et plus va passer de 16 % en 1999 à 26 % en 2050 dans le scénario qualifié de central par l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee).

Enfin, une enquête récente de l'Insee sur les conditions de vie des ménages montre que les ménages à faibles revenus remplacent moins facilement leurs équipements pour des équipements plus performants car plus onéreux ; et que les ménages aisés se déclarent plus attentifs à la consommation mais ont un taux d'équipement plus élevé...

### Les consommations du parc tertiaire : des situations contrastées

Le tertiaire (bureaux, commerces, patrimoine communal, équipements publics d'enseignement, de santé, de loisirs) représente 28 % de la consommation énergétique en Île-de-France en 1999<sup>(7)</sup>. Les bâtiments tertiaires ont consommé 7 085 kTEP en 1999 dont 40 % pour le chauffage. L'électricité est la principale source utilisée avec 66 % de la consommation globale, mais cette part tombe à 32 % pour le chauffage, une grande partie de l'énergie étant utilisée pour la bureautique, l'éclairage, la climatisation.

Au final, les bâtiments tertiaires consomment en moyenne un peu plus de 220 kwh/m<sup>2</sup>/an que les logements mais

avec des usages spécifiques et une grande diversité selon la destination du bâtiment. Gros consommateur d'électricité, notamment par l'éclairage, un centre commercial peut consommer jusqu'à 540 kwh/m<sup>2</sup>/an. La production de froid (chambre froide et rayons surgelés) représente en moyenne 40 % des consommations énergétiques d'un hypermarché, le reste étant occupé par la climatisation, le chauffage et l'éclairage. Autres exemples de consommation, un lycée utilise 180 kwh/m<sup>2</sup>/an, une école primaire 150.

En 2002, l'ensemble du secteur tertiaire représente 196,5 millions de m<sup>2</sup> à chauffer en Île-de-France, soit plus de deux millions de logements.

Les bureaux totalisent 32 % de l'énergie consommée par le tertiaire en Île-de-France, suivi des commerces (21,2 %). Les autres branches (cafés, hôtels restaurants, habitat communautaire, enseignements) représentent chacune entre 10 % et 12 %. Le nombre de m<sup>2</sup> tertiaire à alimenter en énergie a augmenté de 15 % depuis 1990 engendrant une hausse de la consommation de 18 %. Cette croissance, proportionnellement plus élevée que celle des surfaces, pourrait être liée à une utilisation plus développée de la bureautique et une généralisation de la climatisation. Cependant, l'intensité énergétique diminue : on produit davantage de produit intérieur brut avec la même unité d'énergie.

Des économies importantes sont possibles, en agissant sur les comportements, mais aussi sur les bâtiments. Des outils existent, qui s'appliquent aux bâtiments tertiaires, notamment les réglementations thermiques (diagnostics de performances énergétiques, démarches de construction durable, comme la haute qualité environnementale et les certifications qui les accompagnent, en particulier norme NF bâtiments tertiaires). La plupart sont seulement incitatifs, mais on peut



Bureaux HQE de la station d'épuration de Maurepas, Yvelines.

B. Bosco - Architecte : B. Bosco



espérer qu'ils fassent levier dans un segment immobilier où les acteurs font jouer les règles du marché pour commercialiser les bâtiments.

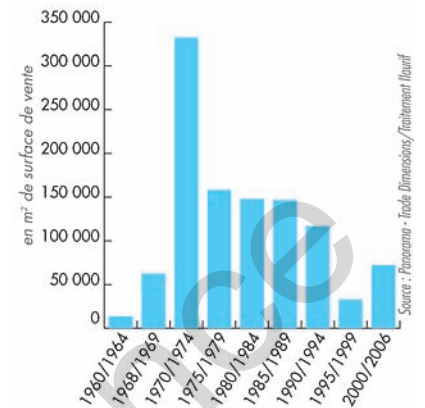
## Les bureaux : profiter de la masse des réhabilitations

En 2005, l'Île-de-France compte 48 millions de m<sup>2</sup> de bureaux. Le parc récent, constructions neuves ou immeubles restructurés depuis 1985, totalise 25 millions de m<sup>2</sup>. Le parc ancien, ou seulement rénové, représente donc près de la moitié du parc (48 %) et les restructurations jouent un rôle majeur et croissant dans la production de bureaux. En dix ans, le rythme de restructuration a quadruplé et la part des réhabilitations dans le processus de production passe d'un dixième entre 1990-1995 à un tiers entre 1996-2004. Jusqu'à la fin des années 1990, la remise aux normes du parc se limitait au bâti haussmannien mais depuis 2000 près de la moitié des immeubles restructurés sont des immeubles de grande hauteur des années 1960-1970, principalement à La Défense et dans le «croissant d'or». Ce processus est appelé à se poursuivre : une partie des immeubles construits de 1986 à 1993 arrivera en fin de cycle de vie (amiante, conception, normes de sécurité...) à partir de 2010 et viendra s'ajouter au processus déjà engagé de renouvelle-

ment du patrimoine parisien. La construction de bureaux en grande masse de 1987 à 2002 entraînera une recrudescence des réhabilitations à partir de 2015 lorsque ces bureaux auront plus de vingt ans.

Les enjeux en matière de régulation thermique portent donc autant sur la construction neuve que sur la requalification du parc existant. Les dernières adaptations de la réglementation ciblent les bâtiments existants avec les diagnostics de performance énergétique, obligatoires depuis la fin 2006 lors des ventes de biens immobiliers et, depuis 2007, la nouvelle loi de régulation thermique, qui renforce les exigences thermiques pour les bâtiments existants. Point positif du marché : les bâtiments les plus économes seront demain les plus attractifs (toutes choses égales). Par ailleurs, le fait que la majorité du parc de bureaux, surtout dans les quartiers centraux d'affaires, est en «pleine propriété»<sup>(8)</sup>, devrait faciliter des actions globalisées à l'échelle d'un immeuble. Les investisseurs institutionnels seront en première ligne pour adopter de nouvelles normes dans l'immobilier tertiaire par leur capacité financière à amortir dans le temps, grâce à la diminution des frais d'exploitation, les surcoûts d'une construction adaptée à la contrainte énergétique et durable.

## L'âge du parc d'hypermarchés : nombre et surface de vente



## Les commerces : mobiliser les grands groupes

Pour les commerces, des actions sont possibles pour améliorer l'efficacité énergétique et, comme pour les bureaux, le besoin de renouvellement du parc incite à agir dès les actions de rénovations.

L'Île-de-France compte 5 000 établissements de plus de 300 m<sup>2</sup> de surface de vente soit 7 millions de m<sup>2</sup> en 2003. Environ 360 000 m<sup>2</sup> en moyenne ont été autorisés en Île-de-France, soit environ 5 % du parc de commerce en Île-de-France entre 1998 et 2005.

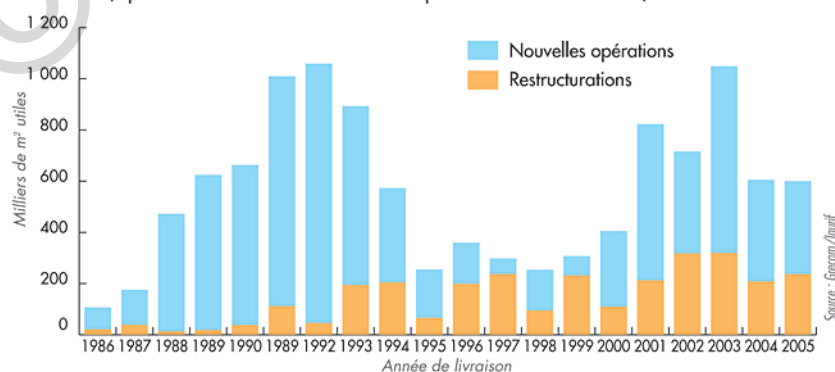
Une grande partie des grandes surfaces alimentaires et centres commerciaux ayant été construite dans les années 1970-1980, les besoins de rénovation sont importants. Elles ont déjà commencé et les restructurations programmées sont nombreuses : réorganisation des points de vente, modernisation du bâti et de son architecture, rénovation des galeries marchandes. Ces restructurations sont souvent accompagnées d'une extension des surfaces de ventes.

Quand on sait que cinq groupes seulement (Casino, Auchan, Carrefour, Leclerc et Intermarché) détiennent

(7) Ceren 1999.

(8) Pleine propriété : immeuble détenu par un investisseur ou un fond d'investissement. L'autre cas de figure est la copropriété.

## Part des surfaces neuves de bureaux issues de restructurations d'immeubles existants (opérations lancées en blanc supérieures à 5 000 m<sup>2</sup>)





*Efficacité énergétique d'une zone d'attente de clients, Ikea, Franconville, Val-d'Oise.*

B. Raoux/laurif



*Résidence pour personnes âgées intégrant des matériaux non toxiques et des capteurs solaires sur le toit, Hérol, Paris XIX<sup>e</sup>.*

L. Mettetal/laurif

les deux tiers de l'alimentaire, on comprend le rôle des grands promoteurs et distributeurs pour engager des actions de réhabilitations généralisées dans le parc. La configuration est moins simple pour les petits commerces où la propriété est plus éclatée. L'Île-de-France compte 73 000 commerces de moins de 300 m<sup>2</sup> de surface de vente.

### Les équipements : l'engagement des collectivités

Dernier volet du tertiaire, les équipements, détenus par des acteurs publics et quelquefois privés, qui ont la particularité de recevoir du public (enseignement, sport, santé, culture,...). Intervenir dans ces bâtiments est fortement lié à la mobilisation des acteurs publics. Des engagements sont pris par des collectivités en Île-de-France. On citera les lycées de haute qualité environnementale financés par le conseil régional d'Île-de-France, le stade et la crèche de Nanterre ou la mairie des Mureaux, mais ce sont des actions ponctuelles.

Mesure incitative : à partir de janvier 2008, les bâtiments de plus de 1 000 m<sup>2</sup> de Shon recevant du public et occupés par des collectivités ou des établissements publics devront afficher de manière visible le diagnostic de performance énergétique.

Pour les rénovations, les évolutions semblent plus fragiles lorsque l'on voit la difficulté de mobiliser des dépenses publiques pour l'entretien des bâtiments (écoles primaires, universités, écoles d'arts...). La coupure de chauffage de quinze jours décidée par une université parisienne en 2005 pour équilibrer son budget montre que les économies potentielles ne sont pas négligeables... mais que dans ce domaine beaucoup reste à faire !

Les différents scénarios soulignent la nécessité de rénover un parc ancien trop consommateur, et cela même si le neuf visait dès à présent 50 kWh/m<sup>2</sup>/an, ce qui va au-delà de la réglementation thermique de 2005.

L'enjeu réside dans la réhabilitation du parc ancien. On sait construire des maisons passives et des bâtiments à énergie positive, mais la diversité des situations et des solutions techniques, la répartition des responsabilités, des investissements et des gains rendent complexe l'objectif Facteur 4 dans l'existant. Néanmoins, si le parc ancien était jusque-là peu encadré par le législateur, la réglementation progresse et intègre dorénavant des préoccupations énergétiques en matière de réhabilitation.

Par ailleurs, l'effort sur le bâtiment doit s'inscrire dans une démarche plus globale intégrant différentes échelles, et s'accompagner d'une réflexion sur les stratégies de localisation, la consommation d'espaces et les choix de formes urbaines. La prise en compte des critères environnementaux dans la gestion urbaine est encore moins développée que dans le bâtiment. L'amélioration énergétique des bâtiments et les surcoûts induits ne doivent pas se traduire par l'augmentation des distances par rapport au centre, donc par le développement des mobilités. Pour éviter les surcoûts liés à la conception qui peuvent entraîner une recherche de réduction des coûts fonciers et l'augmentation des phénomènes de dispersion, la qualité environnementale doit être intégrée à l'amont des projets et non injectée en cours de route comme c'est trop souvent le cas.



## Tendances et scénarios de la réduction énergétique dans le bâti

Jean-Pierre Traisnel  
CNRS, Ifu<sup>(1)</sup>

Le durcissement de la réglementation thermique appliquée à la construction neuve n'est pas le seul moyen de parvenir à la baisse de la consommation énergétique unitaire. Le recours à des sources d'énergie non productives de gaz à effet de serre, en substitution progressive des énergies fossiles, peut permettre d'atteindre l'objectif du Facteur 4.

### *Reducing energy consumption in buildings: trends and scenarios*

*Lowering per-unit energy consumption while progressively replacing fossil fuels with energy sources that do not produce greenhouse gasses may put the Factor 4 objective within reach. Regarding improvements related to thermal comfort in housing, strengthening the thermal regulations that apply to new constructions is not the only way to succeed.*

(1) Chercheur au Centre national de la recherche scientifique (CNRS), laboratoire de biométrie et biologie évolutive, unité mixte de recherche et enseignant à l'Institut français d'urbanisme.



En raison du faible renouvellement du parc de logements, un effort de réhabilitation du stock existant s'impose, qu'il convient d'aborder en identifiant les caractéristiques propres aux différentes catégories de logements, et en particulier leur période de construction.

Les enjeux du développement durable relèvent également des impacts liés à l'aménagement du territoire, dont celui des transports : les bilans énergétiques comparés de formes urbaines, à partir des distances parcourues, permettent de mesurer l'impact environnemental des déplacements associés au logement.

Au-delà, la question du « produit » logement est également soulevée : le découpage fonctionnel opéré dans les opérations de grands ensembles des décennies 1960-1970 semble se poursuivre dans le pavillonnaire périurbain, limitant les possibilités d'associer dans les mêmes formes urbaines, le résidentiel et l'activité. Ce serait pourtant une voie possible pour créer des pôles de densité, mieux desservis par les transports en commun et pouvant ainsi contribuer à l'application du Facteur 4 dans les transports.

## Les différentes catégories de logements et les consommations de chauffage

La désagrégation du parc de résidences principales entre les deux typologies principales (maisons individuelles et logements en immeubles collectifs), et selon la date de construction, laisse apparaître une surreprésentation de la maison individuelle dans les consommations de chauffage, en raison de surfaces habitables plus grandes, ainsi que de consommations unitaires plus élevées. En moyenne, la consommation unitaire de chauffage (en énergie finale et pour l'année 2000) s'élève à 174 kilowattheures par mètre carré et par an (kWh/m<sup>2</sup>/an) pour la maison individuelle, à 125 kWh/m<sup>2</sup>/an pour l'immeuble collectif, soit à 146 kWh/m<sup>2</sup>/an en moyenne du parc.

Les deux principaux gisements se composent des maisons individuelles avant 1975 (35 % des consommations de chauffage pour 17 % des effectifs), et des immeubles collectifs construits entre 1949 et 1975 (29 % des consommations de chauffage pour 30 % des effectifs).

Les situations sont par ailleurs extrêmement diverses, selon l'énergie de chauffage : à titre d'exemple, le charbon et le bois sont utilisés dans des



Réhabilitation HQE par Logirep d'une maison du XIX<sup>e</sup> siècle en logements sociaux, Fontenay-sous-Bois, Seine-Saint-Denis.

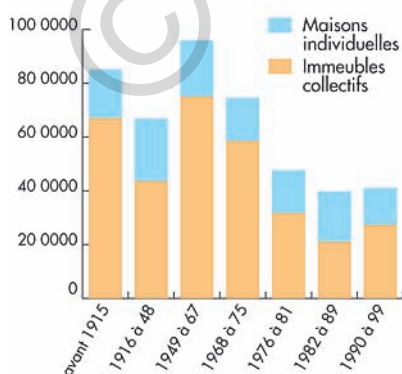
L. Mettetal/laurif

équipements de rendement médiocre, dans des logements anciens, peu isolés thermiquement.

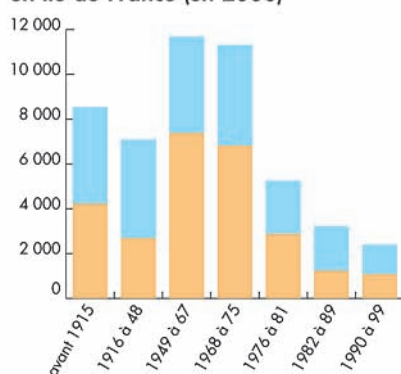
## Quelle cible de performance, selon le degré d'appartenance au patrimoine ?

Les immeubles anciens, antérieurs à 1949, représentent 40 % du parc de logements collectifs. Ce parc nécessite des interventions spécifiques, en raison des caractéristiques architecturales qui s'affirment en particulier dans les détails et les modénatures des façades principales.

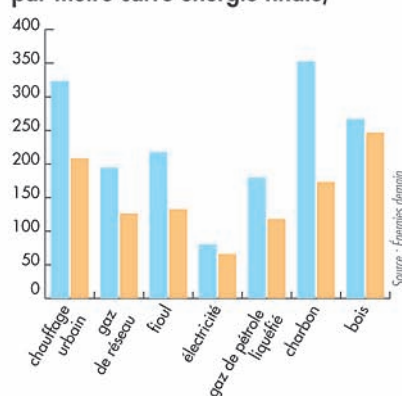
Nombre de résidences principales en Île-de-France (en 2000)



Consommations de chauffage en gigawattheures en Île-de-France (en 2000)



Consommations unitaires par énergie de chauffage (kilowattheures par mètre carré énergie finale)



Sur un exemple de bâti continu de type haussmannien, il est possible d'épargner la façade principale, en limitant les améliorations de l'enveloppe à l'isolation du toit (par quinze centimètres de laine de verre), de la sous-face des planchers accessibles (par dix centimètres fibraglo), de la façade arrière (le mur sur cour reçoit une isolation extérieure de dix centimètres). En complément, la totalité des menuiseries peut être rénovée avec des vitrages à isolation renforcée. Il est également possible d'intervenir sur la ventilation (en installant une ventilation mécanique contrôlée (VMC) hygroréglable, ainsi que sur l'équipement de chauffage (rénovation de la chaudière collective au gaz). L'ensemble de ces mesures permettrait de réduire les consommations de chauffage de 410 kWh/m<sup>2</sup>/an, à l'état initial, à 120 kWh/m<sup>2</sup>/an. Les interventions proposées demeurent compatibles avec le confort d'été, puisque la forte inertie des maçonneries n'est pas affaiblie par la pose de doublages isolants intérieurs, ce qui est à craindre si les interventions sur le bâti étaient programmées logement par logement. Sur la base des données de l'Anah<sup>(2)</sup>, le coût d'une telle intervention (enve-



*Maison en briques alvéolaires avec un doublage placo doublissimo Lafarge, Saint-Rémy-les-Chevreuse, Yvelines.*

B. Raoux/laurif

loppe, VMC, renouvellement de la chaudière gaz) s'établirait à environ 250 euros par mètre carré (€/m<sup>2</sup>) de logement, ce qui représente environ 5 % du prix de l'immobilier parisien<sup>(3)</sup>. Le parc intermédiaire construit dans l'intervalle 1949-1975, représente 37 % du parc total en Île-de-France, car les décennies de la reconstruction ont enclenché une forte dynamique du secteur du logement. Il faut remarquer

que les formes architecturales (de tours et de barres) dominantes de ce parc, majoritairement en immeubles collectifs, ont induit une occupation du sol bien moins performante que celle du bâti ancien : le coefficient d'occupation du sol est le plus souvent trois à cinq fois moins élevé que celui de Paris haussmannien, alors que la densité (de construction, de voisinage) est plus mal vécue, quoique beaucoup plus faible. Les possibilités d'interventions à l'échelle du bâtiment sont plus ouvertes, en raison de l'obsolescence plus grande du bâti et des faibles qualités architecturales. Avec des interventions importantes (découpe des balcons extérieurs, isolation par l'extérieur, puis construction de terrasses ou vérandas rapportées), le niveau de performance du label *Passive Haus* (15 kWh/m<sup>2</sup>/an pour le chauffage) peut alors être atteint, mais à des coûts élevés.

Les niveaux de consommations visés, dans l'objectif Facteur 4, peuvent ainsi être différenciés selon le segment du parc considéré. Dans les équipements publics neufs, il est possible de concevoir des bâtiments zéro énergie, en appliquant les principes suivants :

- une performance du bâti et des équipements de confort thermique de niveau *Passive Haus* (15 kWh/m<sup>2</sup>/an pour le chauffage) ;
- une production de chaleur par pompe à chaleur géothermique (rendement génération de 3 ou 4) ;
- des consommations totales d'énergie électrique annuelle équilibrées par une production équivalente, au moyen de panneaux photovoltaïques.



*Lotissement de vingt-sept logements équipés de capteurs solaires thermiques et photovoltaïques, Montigny-le-Bretonneux, Yvelines.*

B. Raoux/laurif

(2) Agence nationale pour l'amélioration de l'habitat, *Réhabilitation*, 2003. Les fiches de prix, établies par l'Union nationale des économistes de la construction et des coordonnateurs (Untec), ont été présentement majorées de 15 % afin d'actualiser les prix et d'introduire une correction «région parisienne».

(3) Le prix moyen au deuxième trimestre 2006 a été de 5 515 €/m<sup>2</sup> (d'après le rapport trimestriel des notaires).



60 m<sup>2</sup> de panneaux solaires pour trente logements, rue Letellier, Paris XIV<sup>e</sup>.  
Le solaire assure 40 % des besoins énergétiques pour l'eau chaude sanitaire.  
Réduction des émissions de CO<sub>2</sub> = 353 T/an.

L. Mettetal/laurif

## Des scénarios franciliens à l'horizon 2030 «vers le Facteur 4 en 2050»

Pour définir le parc à 2030, la poursuite des tendances actuelles a été retenue :

- un taux de maisons individuelles qui se maintient à 30 % du parc de logements, alors qu'il est de 57 % en moyenne nationale ;
- un accroissement du parc (en nombre de ménages) en moyenne de 0,9 % par an ;
- une construction neuve répondant à un effort constant de 60 000 logements par an, soit 1,8 million en trente ans ce qui représentera 30 % du parc en 2030.

Le parc total s'élèverait à 5,8 millions de logements en 2030 pour 445 millions de m<sup>2</sup>. L'augmentation de la surface habitable, de 32 m<sup>2</sup>/personne en 2000 à 36 m<sup>2</sup>/personne en 2050, résulterait principalement de la diminution de la taille des ménages dans un parc très inerte.

L'influence des efforts appliqués au neuf et au parc existant sur les consommations totales d'énergie de chauffage peut être estimée. Pour une

(4) Les surcoûts se situent dans une fourchette plus basse de 4 à 15 % en Allemagne, en raison de la maîtrise plus ancienne du label.

(5) CSTB, «Vers des bâtiments à énergie positive», Alain Maugard, Jean-Robert Millet, Daniel Quénard ([www.cstb.fr/bepos/animations.asp](http://www.cstb.fr/bepos/animations.asp)).

(6) Sur la base de 1 m<sup>2</sup>/personne pour un taux de couverture de 50 % des besoins environ.

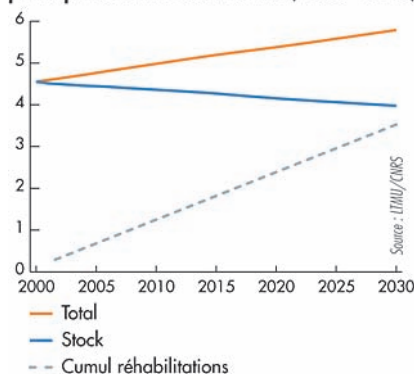
## Les ruptures technologiques envisageables pour le parc neuf

Pour le neuf qui sera construit dans l'intervalle 2005-2050, l'application de la réglementation thermique évolutive, qui prévoit un gain de consommation de 15 % tous les cinq ans, conduit à des consommations unitaires de chauffage de l'ordre de 20 kWh/m<sup>2</sup> en 2050, mais la consommation moyenne de ce parc neuf cumulée sur l'intervalle, sans intervention nouvelle, serait supérieure à la cible de 50 kWh/m<sup>2</sup>. Il conviendrait en conséquence de promouvoir dès à présent la construction de logements bien plus performants, sur l'exemple du label allemand *Passive Haus*, à 15 kWh/m<sup>2</sup> pour le chauffage : cela entraînerait des surinvestissements de l'ordre de 10 à 18 % par rapport au neuf actuel, au moins dans la configuration de la maison de ville ou du petit collectif qui semble dominer actuellement les réalisations allemandes ou suisses<sup>(4)</sup>.

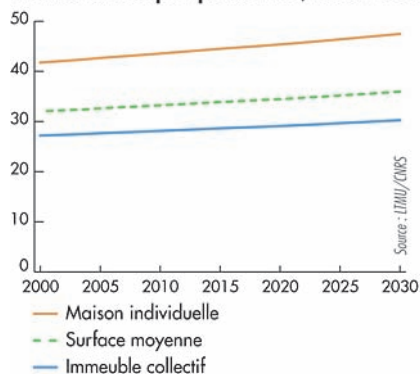
On peut dresser une première liste de ruptures technologiques s'appliquant à court terme (cinq à dix ans) pour le parc neuf<sup>(5)</sup> :

- une isolation thermique par l'extérieur pour réduire les ponts thermiques ;
- une bonne étanchéité à l'air, un contrôle de la ventilation assuré par VMC double flux, à récupération de chaleur sur l'air extrait ;
- une génération et une distribution de chaleur de faible puissance (10 à 15 W/m<sup>2</sup>) ;
- la prise en compte du confort d'été qui devient prioritaire (l'inertie thermique pouvant y contribuer) ;
- une généralisation du solaire thermique pour l'eau chaude sanitaire<sup>(6)</sup> en absence de réseau de chaleur bois.

Évolution du parc de résidences principales en Île-de-France (2000-2030)



Évolution des surfaces habitables en mètres carrés par personne (2000-2030)





consommation voisine de 50 TWh en 2000, la consommation continuerait à croître sous l'effet de l'augmentation de la population, avec ou sans évolution de la réglementation thermique. La décroissance devient sensible sans intervention sur l'existant, à condition de construire des logements neufs très performants, «sans chauffage». Un effort sur l'existant cumulé à une réglementation thermique évolutive permet de réduire la consommation totale à 33 TWh en 2030, soit une réduction de 35 %. Traduit en émissions de CO<sub>2</sub>, le seul effet de la réglementation thermique dans le neuf permet de stabiliser les émissions dès 2015, en raison du taux de construction neuve maintenu à 60 000 logements neufs, bien au-delà de l'augmentation annuelle du nombre de ménages qui deviendrait inférieure à 40 000 dès 2015. Le résultat demeure éloigné de la cible Facteur 4 en 2050. À titre d'exemple, la cible Facteur 4 serait obtenue en 2050, si la recherche de performance élevée sur le neuf et sur l'existant était complétée par une substitution d'énergie importante, notamment en bois énergie dans les réseaux de chaleur. La décroissance

des parts de marché des énergies fossiles et de l'électricité serait en partie compensée par du bois énergie, dont la contribution croîtrait de 4,5 TWh en 2000 (géothermie et incinération des ordures ménagères comprises) à plus de 8 TWh en 2030. Une étude de faisabilité d'une telle extension des réseaux de chaleur existants, et leur reconversion totale au bois, est essentielle pour la validation de ce scénario.

### L'évolution du produit logement : typologie et localisation

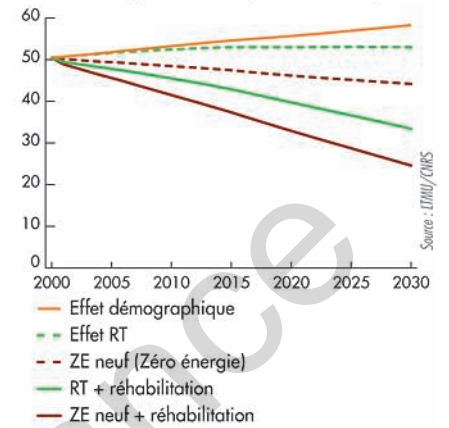
La tendance à la dispersion de l'habitat qui s'impose depuis quelques décennies, semble résulter à la fois d'un rejet de l'urbanisme collectif (les grands ensembles de la reconstruction), de la faible disponibilité du foncier dans les zones denses bien desservies en transports en commun, mais aussi de l'accès généralisé à l'automobile et du faible coût des énergies fossiles. La demande des ménages se tourne en majorité vers la maison individuelle qui offre une meilleure réponse à la demande d'espaces de



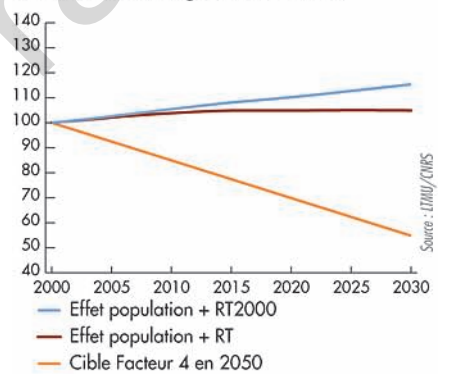
Maison de bois en mélèze, Longvilliers, Yvelines.

B. Raoux/laurif

### Prospective des consommations d'énergie de chauffage en TWh (2000-2030)



### Prospective des émissions de CO<sub>2</sub> dues au chauffage (2000-2030)



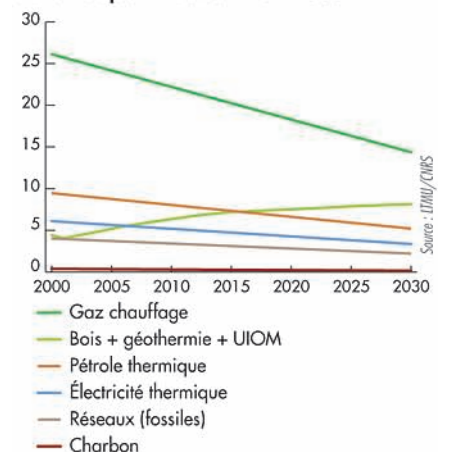
**Effet démographique** : neuf à RT2000, parts de marché énergie inchangées

**Effet population + RT** : neuf évolutif (-1,5 % tous les 5 ans), parts de marché énergie inchangées

**Effet RT+ réhabilitation** : neuf évolutif + consommations unitaires du stock à -50 % en 40 ans, soit en moyenne du parc antérieur à 2000, 87 kWh/m<sup>2</sup>/an pour les maisons individuelles et 62,5 kWh/m<sup>2</sup>/an pour les immeubles collectifs

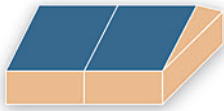
**ZE neuf** : chauffage à 0 kWh/m<sup>2</sup>

### Scénario d'évolution des parts de marché des différentes énergies de chauffage, dans l'objectif Facteur 4 en 2050

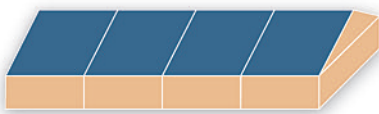


## Six configurations de logement de 100 m<sup>2</sup> de plancher, de la maison individuelle au petit collectif en R+3 (maisons de ville en bande)

1. Maison isolée  
Surface extérieure/Surface plancher = 3,10



2. Maisons jumelées  
Se/Sp = 2,80



3. Maison en R+1  
Se/Sp = 2,55



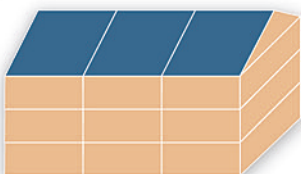
4. Maisons jumelées en R+1  
Se/Sp = 2,10



5. Maisons en bande en R+1 (10 maisons de ville)  
Se/Sp = 1,80

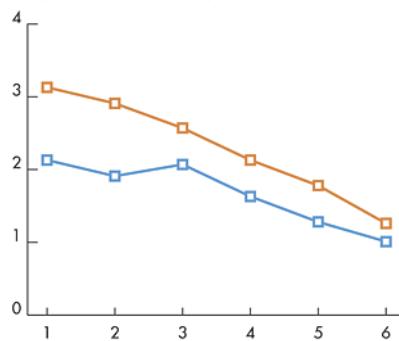


6. Duplex superposé en R+3 (10 maisons de ville)  
Se/Sp = 1,25



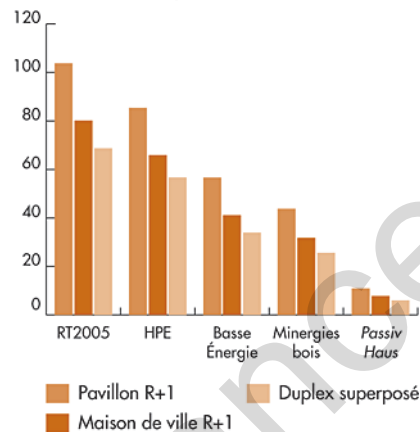
## L'effet de la continuité du bâti sur les performances énergétiques

Rapport Se/Sp pour 6 typologies de logement



— Sol inclus — Sol non compris

Besoins de chauffage (kWh/m<sup>2</sup>/an)



— Pavillon R+1 — Duplex superposé  
— Maison de ville R+1

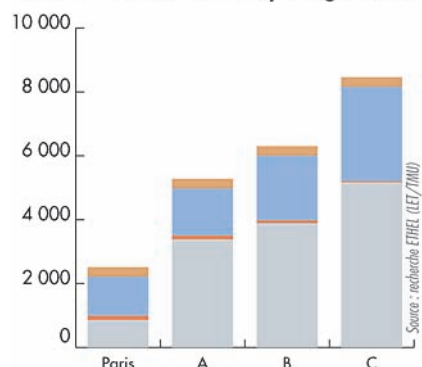
rangement, de terrasse et de jardin, de véranda, de garage, mais si possible à moins de quinze minutes des transports en commun. Il faut cependant relever une sensibilisation croissante des ménages aux thématiques environnementales, qui ne s'exprime pas uniquement dans la recherche d'un cadre naturel.

Il conviendrait, pour contenir l'étalement urbain, de développer les typologies d'habitat intermédiaires entre le pavillon individuel et l'immeuble collectif de type tour ou barre, par exemple sous forme de maisons de ville ou de petits collectifs, qui répondent au besoin d'individualisation du logement, par les équipements généralement réservés à la maison individuelle (espace, prolongements extérieurs de type terrasse ou jardin). Dans

cette configuration, l'effet de contiguïté (apporté par la continuité de la forme urbaine) réduit les besoins de chauffage, le coût des réseaux (voirie, eau, assainissement, énergie) par logement est plus faible, la minéralisation du sol et la consommation de sols naturels ou agricoles sont fortement réduites.

Le taux de contiguïté (par les murs mitoyens, par les planchers intermédiaires entre deux logements) permet de réduire notablement la surface d'enveloppe (comprenant la surface en contact avec le sol) par unité de surface habitable, de plus d'un Facteur 2 entre une maison de plein pied et une configuration en duplex superposés. Le gain en besoin de chauffage entre ces configurations extrêmes, parmi les six modèles étudiés, est de plus de 30 %.

## Émissions totales de CO<sub>2</sub> par kgCO<sub>2</sub>/an selon la localisation de l'habitat



— Eau chaude sanitaire — Chauffage  
— Transports en commun — Voiture particulière

A : communes centrales et denses

B : zones périphériques peu ou moyennement denses,

C : zones rurales ou périurbaines, très peu denses.

Hypothèses déplacements : extrapolation des données 1982-1994 à 2006, 1,5 actif pour un ménage de 3 personnes.

Hypothèse logement : surface habitable de 75 m<sup>2</sup> (Paris) à 120 m<sup>2</sup> (zone rurale), niveau de performance énergétique de la RT2005, chauffage gaz, eau chaude sanitaire (ECS) à 50 % gaz et 50 % solaire thermique.



*La bonne performance énergétique du logement ne peut en aucun cas écarter la question de la localisation et des déplacements quotidiens générés, facilitant ou non les reports modaux de la voiture particulière vers les déplacements doux (marche, vélo) ou les transports collectifs.*

B. Raoux/Laurif

Au-delà des besoins énergétiques du logement, la typologie peut induire des densités plus ou moins élevées, facilitant ou non les courtes distances et les reports modaux de la voiture particulière vers les déplacements doux (marche, vélo) ou les transports collectifs. Ainsi, les émissions de CO<sub>2</sub> apparaissent contrastées en fonction du degré de centralité et de densité de la commune de référence. Trois paramètres vont croître du centre à la périphérie : la surface habitable (volume chauffé), les distances totales parcourues (hors longues distances), ainsi que la part modale de la voiture particulière.

Les écarts essentiels apparaissent dans les émissions liées aux déplacements, et dans une moindre mesure dans celles qui reflètent les consommations d'énergie pour le chauffage. Les émissions totales varient dans un rapport de un à près de quatre entre Paris et le rural.

Du point de vue des émissions de CO<sub>2</sub>, la bonne performance énergétique du logement ne peut en aucun cas écarter

la question de la localisation et des déplacements quotidiens générés : un effort important sur le chauffage consistant au passage de la réglementation thermique 2005 au label *Passive Haus* (soit un gain d'environ 60kWh/m<sup>2</sup>) est annulé par une distance supplémentaire parcourue en voiture particulière de 20 km/jour<sup>(7)</sup>.

(7) Pour un logement de 100 m<sup>2</sup> chauffé au gaz, à 205 gCO<sub>2</sub>/kWh, et un véhicule utilisé 330 j/an à 175 gCO<sub>2</sub>/km.

## Références bibliographiques

- Alain Maugard, Jean-Robert Millet, Daniel Quénard, «Vers des bâtiments à énergie positive», [www.cstb.fr/bepos/animations.asp](http://www.cstb.fr/bepos/animations.asp)
- Publications du CLIP : *Habitat et développement durable*, Cahiers 13 et 16 [www.iddri.org/iddri/telecharge/cahier-du-clip/clip\\_13.pdf](http://www.iddri.org/iddri/telecharge/cahier-du-clip/clip_13.pdf)
- *Habitat-transport : recherche ETHEL*, cf. <http://ethel.ish-lyon.cnrs.fr> (voir travaux en cours)



# L'habitat et les bâtiments tertiaires face aux enjeux énergétiques

Table ronde animée par **Véronique Lamblin**

Directrice d'études, prospective et stratégie

Groupe Futuribles

Pour ce débat, nous retrouvons

**Pierre Héran**, chef du département bâtiment et urbanisme,

Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe),

**Jean-Pierre Traisnel**, chercheur au CNRS et enseignant à l'Institut français d'urbanisme (Ifu),

**Jean-Paul Dallaporta**, administrateur HQE de l'Association nationale

de l'amélioration de l'habitat (Anah),

**Dominique Sellier**, chargé de mission pôle prospective, Agence régionale de l'environnement et des nouvelles énergies Île-de-France (Arene),

**Franck Dimitropoulos**, chargé de mission à l'Association bâtiment climat énergie, localisée en région Midi-Pyrénées,

**Hervé Charrue**, directeur de la recherche et du développement, Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB),

**Christian Bouvier**, président de l'Institut Paul Delouvrier, Observatoire régional de l'immobilier d'entreprise (Orie)

qui représente ici les investisseurs et **Stéphane Dambrine**, président

de l'Association des organismes HLM de la région Île-de-France (Aorif),

Directeur général de l'Opac du Val-de-Marne.

**L**a table ronde s'articule autour de trois thématiques principales :

- les leviers réglementaires ;
- les technologies et leur adaptation aux différents parcs ;
- la motivation et les moyens dont disposent les investisseurs et gestionnaires de parcs.

**Pour réduire la consommation et améliorer la performance énergétique des bâtiments, les réglementations d'aujourd'hui sont-elles efficaces ? Comment les mettre en pratique et surtout, quels sont les moyens qui permettent de vérifier leur application ? À qui profitent le plus les mesures incitatives, comme les crédits d'impôts ? Que va apporter le diagnostic énergétique, quel est son impact ? De telles mesures incitatives ont-elles déjà été appliquées à l'étranger ?**

D'un point de vue technique, la réduction de la consommation d'énergie fossile est plus aisée dans le secteur du bâtiment que dans celui du transport. Néanmoins, beaucoup reste à faire pour permettre l'usage des meilleures technologies disponibles, tant pour les bâtiments neufs que dans le parc ancien. La réglementation thermique pour les bâtiments neufs bute souvent sur une mise en œuvre défectueuse. La mise en place de certifications et un investissement dans les filières aval de la construction (mise en œuvre de l'isolation, du chauffage, de la régulation et la ventilation) pourraient améliorer les choses. Le soutien financier est indispensable pour parvenir à une utilisation massive des meilleures techno-

logies. L'expérimentation par des bâtiments démonstrateurs à très hautes performances énergétiques, qui reste peu importante en France, est également utile.

Le parc ancien est le principal gisement d'économies d'énergie. Le diagnostic de performance énergétique (DPE) fournira des informations et conseils aux locataires et propriétaires, tout en leur ouvrant accès à des financements pour une réhabilitation. Mais les décisions de réhabilitation se prennent souvent pour d'autres raisons que la recherche d'une meilleure performance énergétique. Le DPE fournira également un état global du parc, qui, croisé avec d'autres données statistiques permettra de cibler le bâti à rénover en priorité.

Dans le secteur des bureaux, la rotation rapide des locataires permet une rénovation plus continue du parc. Les investisseurs immobiliers ont intérêt à réaliser des économies d'énergie pour des raisons patrimoniales, mais ne bénéficient pas de crédits d'impôts incitant à améliorer le patrimoine en location.

La réhabilitation massive du parc social construit dans les années 1980 a amélioré la performance énergétique de ce parc, mais aujourd'hui, les arbitrages financiers entre construction de nouveaux logements et réhabilitation sont difficiles.

Dans le domaine de l'urbanisme, la bonification de coefficient d'occupation des sols (COS) selon le niveau de performance énergétique, l'éco-conditionnalité des aides, une meilleure coordination des différentes institutions publiques sont autant de pistes pour inciter à la recherche d'une meilleure performance énergétique des bâtiments.

## La réglementation thermique (neuf)

Les réglementations sont de plus en plus lourdes. Elles sont, dans l'ensemble, respectées et les difficultés sont souvent liées à des applications techniques défectueuses. Les contrôles sont de plus en plus difficiles et peu fréquents, notamment chez les particuliers. L'auto contrôle est sans doute la solution la plus efficace. Mettre en place des certifications, faire en sorte que le maître d'ouvrage s'engage, pourrait être une bonne démarche, facile à appliquer pour les gestionnaires de grands patrimoines immobiliers. Mais ce type d'outil n'existe pas encore dans le secteur du bâtiment. Le rythme d'évolution des réglementations est source de débats. À l'époque du premier choc pétrolier, la régle-



L'Opac de Paris a équipé plus de 1 000 logements en solaire thermique.

L. Mettetal/laurif

mentation thermique était conçue pour dix ans. Ce laps de temps s'est avéré trop long, le secteur industriel ne mettant pas à profit ces dix années pour intégrer les nouvelles technologies au gré de leur apparition. Le rythme d'évolution est aujourd'hui de cinq ans mais pose un problème quant aux délais de mise en œuvre. À titre d'exemple, la réglementation thermique 2005 est parue en 2006. La Région a mis quelques mois pour l'intégrer dans ses propres délibérations. Ce délai est souvent beaucoup plus long pour d'autres organismes. Cette réglementation s'appliquera donc réellement entre 2008 et 2010, au moment où une nouvelle devrait voir le jour.

## La réhabilitation

La réhabilitation du parc existant reste la priorité. C'est actuellement ce parc qui consomme le plus et ses habitants ont souvent des difficultés pour payer leurs factures... L'isolation est donc l'enjeu le plus important pour maîtriser la consommation énergétique, mais reste un défi technique, notamment pour les bâtiments parisiens.

“ Mettre en place des certifications, faire en sorte que le maître d'ouvrage s'engage, pourrait être une bonne démarche, facile à appliquer pour les gestionnaires de grands patrimoines immobiliers. Mais ce type d'outil n'existe pas encore dans le secteur du bâtiment. ”

Pierre HÉRANT, Ademe



Pierre Hérant.

P. Thiot/laurif



Jean-Pierre Traisnel, Pascale Leroi  
et Lucile Mettetal.

P. Thiot/laurif

L'isolation par l'extérieur est rarement possible en ville dense il faut donc agir à l'intérieur du logement, ce qui empiète sur la surface de l'appartement. Or, la taille des logements et le coût de l'immobilier le permettent difficilement. Sur ce point, les technologies efficaces font défaut (isolation mince). Par ailleurs, l'ensemble de la filière reste centrée sur l'isolation par l'intérieur, mais il est certain qu'il faudra évoluer... L'ensemble de la filière est concerné ; les architectes doivent, dès à présent, envisager le recours à l'isolation par l'extérieur. Cela suppose une révolution culturelle dont l'avènement reste encore très incertain.

Le coût pour la réhabilitation complète d'un appartement est d'environ 40 000 euros. Si l'on mensualise cette dépense, cela représente le double de ce que les ménages consacrent à leur téléphone portable, une partie de cette dépense étant compensée par les économies d'énergie. La durée de vie d'une réhabilitation est d'environ quinze à vingt ans, pour des raisons d'obsolescence thermique, mais aussi pour des raisons d'usage... D'ici quinze ans, les techniques auront évolué et le coût des réhabilitations aussi.

“ La durée de vie d'une réhabilitation est d'environ quinze à vingt ans, pour des raisons d'obsolescence thermique, mais aussi pour des raisons d'usage... D'ici quinze ans, les techniques auront évolué et le coût des réhabilitations aussi. Alors, pourquoi ne fixe-t-on pas des objectifs plus ambitieux ? ”

Stéphane DAMBRINE, Aorif, Opac



Marie-Pierre Digard, Présidente  
de l'Arene et Stéphane Dambrine.

P. Thiot/laurif



Réhabilitation HQE de logements  
sociaux, rue Desargues, Paris XI.

A. Pancher/laurif - Architecte : P. Gontier

Alors, pourquoi ne fixe-t-on pas des objectifs plus ambitieux ?

Lorsque des travaux sont effectués, si le nécessaire n'est pas fait lors de la réhabilitation, notamment en matière d'isolation, cela ne le sera jamais. Aussi faudrait-il afficher des objectifs de long terme et mobiliser des aides publiques. Dans les pays du Nord, les bâtiments à énergie positive ou nulle coûtent près de deux fois le prix d'un bâtiment traditionnel. Avec l'intégration de technologies complexes, comme la géothermie profonde ou de surface, les surcoûts d'investissement varient entre 70 et 100 %. Le surcoût de l'intégration des meilleures technologies dans le bâtiment n'est guère supportable sans aide financière. Celles-ci sont donc indispensables pour élargir le marché, passer à l'échelle industrielle et amorcer une baisse significative des coûts. De façon générale, les propriétaires recherchent avant tout leur confort, et c'est au moment où ils veulent améliorer leur logement qu'il convient de leur proposer des conseils pour améliorer la qualité énergétique de leur projet. Les opérations programmées d'amélioration de l'habitat (OPAH) ont pour but d'aider les propriétaires dans leurs choix. C'est également pour les collectivités locales une façon de mettre en œuvre le volet habitat d'un projet territorial. La collectivité, maître d'ouvrage de ce programme, mobilise les crédits, mandate une équipe d'animation, qui va se charger de rapprocher l'offre de produits, de services et financements... Sur les 500 ou 600 opérations programmées d'amélioration de l'habitat existantes en France, une centaine intègre un volet développement durable. Ce volet est mis en œuvre avec l'Ademe, les espaces Info énergie. Au-delà des questions d'énergie, l'OPAH porte aussi sur l'économie d'eau, la mise aux normes des assainissements individuels ou encore la lutte contre le bruit.



## La maîtrise des consommations

Les habitants connaissent rarement leur consommation d'énergie. Il faut redonner une lisibilité aux consommations et le DPE s'avérera un bon outil de communication sur les enjeux énergétiques. Les techniques permettent de contrôler en temps réel la consommation, avec les tableaux de bord domestiques (mesures des consommations) qui ont fait l'objet de recherche dans les années 1980. Mais si les technologies le permettent, encore faut-il qu'au bout de la chaîne, quelqu'un sache interpréter l'information. Aujourd'hui, il n'existe pas de gestion opérationnelle pour prendre les bonnes décisions. Sur toutes ces données recueillies, seulement 10 % sont utilisées. Une expérience est actuellement menée en Région Poitou-Charentes, en partenariat entre Gaz de France et un opérateur de télécommunications pour réguler la consommation. Elle devrait permettre tant au bailleur qu'à l'habitant de surveiller en temps réel son niveau de consommation.

En Allemagne, il existe des contrats de performance énergétique qui font intervenir un prestataire pour mettre en place des mesures d'économie d'énergie auprès d'un gestionnaire de patrimoine. La rémunération est fonction des économies réalisées. Ce dispositif mériterait d'être examiné en France. Dans les années 1990, beaucoup d'expériences ont été conduites autour de ce que l'on appelait la domotique, et du comportement des habitants. Les bilans en sont restés assez mitigés. La question reste donc la même : pour un objectif donné de réduction des consommations, sur quoi faut-il intervenir pour être le plus efficace ? Sur une régulation fine ? Sur le comportement des habitants ? Sur l'isolation des bâtiments ? Tout gestionnaire est confronté à la question de



Robinet thermostatique.

B. Raoux/laurif

sa capacité d'investissement et de son utilisation la plus efficace.

Dans les années 1990, l'usage du chauffage individuel au gaz s'est répandu dans les parcs HLM. Aujourd'hui, on revient vers les chaudières collectives dont les rendements sont nettement meilleurs. Cependant, ces chaudières collectives ont l'inconvénient de moins responsabiliser l'occupant.

## Le diagnostic de performance énergétique (DPE)

La Directive européenne a rendu obligatoire le diagnostic de performance énergétique. Le délai d'application varie selon les États membres, suivant les possibilités de mobilisation de la profession. Cette obligation pose quelques problèmes d'adaptation car les méthodologies ne sont pas toujours bien calées et nécessitent de nombreux ajustements. Mais l'adoption du DPE par toute l'Europe est un point jugé globalement positif.

Le diagnostic fournit une évaluation des consommations par usage, mais également des recommandations pour économiser l'énergie. Pour l'Ademe, c'est l'outil miracle, espéré depuis de nombreuses années. L'agence a pu ainsi passer des accords avec des organismes bancaires pour délivrer des prêts bonifiés et améliorer l'offre de produits pour financer ces travaux. Le DPE est donc à la fois un outil de communication,



Un système de géothermie, alimentant 300 logements, Tremblay-en-France, Seine-Saint-Denis.

L. Mettetal/laurif

“ L'obligation de diagnostic de performance énergétique en France pose quelques problèmes d'adaptation car les méthodologies ne sont pas toujours bien calées et nécessitent de nombreux ajustements. Mais l'obligation de le mettre en place en Europe est un point jugé globalement positif. ”

Jean-Pierre TRAISNEL, CNRS, Ifu



Jean-Pierre Traisnel.

P. Thiot/laurif



Jean-Paul Dallaporta.

P. Thiot/laurif

“ Il serait souhaitable qu'une démarche volontaire soit mise en place avec les diagnostiqueurs, afin de croiser la description de l'état énergétique du parc ancien avec d'autres caractéristiques physiques (confort, état...) ou avec des données sociales. Certains problèmes pourraient être ainsi résolus plus rapidement. ”

Jean-Paul DALLAPORTA, Anah

“ Pour réhabiliter un logement, il faut disposer de moyens financiers. Faute de pouvoir engager ces travaux, les personnes les plus fragiles risquent à terme de se voir cantonner dans les logements les plus énergivores dont elles seront en incapacité de payer le chauffage. ”

Franck DIMITRIPOULOS, Association bâtiment climat énergie



Franck Dimitripoulos.

P. Thiot/laurif

un outil technique, et un vecteur de promotion des travaux de maîtrise de l'énergie appuyé par des produits financiers.

Chaque année, plus de deux millions de diagnostics seront effectués. Le DPE ne permet malheureusement pas d'avoir une meilleure connaissance globale du parc. En effet, le Conseil d'État a refusé que ces données soient regroupées, même de façon anonyme. Il serait donc souhaitable qu'une démarche volontaire soit mise en place avec les diagnostiqueurs, afin de croiser la description de l'état énergétique du parc ancien avec d'autres caractéristiques physiques (confort, état...) ou avec des données sociales. Certains problèmes pourraient être ainsi résolus plus rapidement. Concernant le parc ancien, outre la mise aux normes énergétiques, l'analyse d'autres besoins de rénovation comme le traitement contre les termites, l'amiante, la sécurité électrique, les ascenseurs, le gaz sont intégrées dans le DPE... On estime à environ 100 000 emplois supplémentaires les retombées des travaux de réhabilitation à entreprendre. Pour un logement, ce diagnostic est peu coûteux, environ 200 euros en moyenne, mais il ne remplace pas un audit énergétique complet. Malgré toutes les informations et calculs de rentabilité économique fournis, les propriétaires se montrent peu enclins à se lancer dans des travaux. Cependant, il est important de voir comment le DPE peut être valorisé. Ce «diagnostic» peut utilement compléter l'état des lieux signé à l'arrivée du locataire. Toutefois, le DPE peut constituer un risque pour les populations les plus fragiles. Pour réhabiliter un logement, il faut disposer de moyens financiers. Faute de pouvoir engager ces travaux, les personnes les plus fragiles risquent à terme de se voir cantonner dans les logements les plus énergivores dont elles seront en incapacité de payer le chauffage.

## L'innovation et les compétences

Dans le domaine du bâtiment, la France est pauvre en écoles d'ingénieurs et cela peut demain être source de problèmes, notamment pour la diffusion de nouvelles technologies. Si la filière manque actuellement d'attrait, les enjeux d'énergie vont très certainement faire évoluer les choses. Les industriels ont accru la valeur ajoutée des produits, mais la pose et la mise en œuvre se sont dévalorisées. Les filières professionnelles ont une faible qualification. Pour y remédier, il faut viser une meilleure intégration technologique des éléments, et penser chaque élément comme une partie d'un système. Cela se pratique dans d'autres pays, comme le Japon, où la part industrielle est importante. En France, les filières professionnelles ne sont pas organisées ; elles en sont encore à intégrer leurs produits de façon isolée, d'où les déficits de performance. Ces conditions de mise en œuvre rejaillissent sur l'image de la



Panneau informatif du service responsabilité sociale et environnementale, Ikea, Franconville, Val d'Oise.

B. Raoux/laurif

profession, entravent sa revalorisation et son assimilation à un secteur high-tech...

Comment y parvenir et ajouter de l'intelligence dans cette chaîne ? Les Allemands, avec les approches *Minergie*, prescrivent des objectifs, laissant une quasi liberté de choix des solutions technologiques au maître d'œuvre. Il faut que les Français laissent la porte ouverte aux innovations, mais mettent aussi de l'intelligence dans l'ensemble de la filière. Les grands groupes de bâtiment et de production de maisons individuelles peuvent contribuer au développement des composants technologiques et à l'innovation. L'expérimentation reste insuffisante. Pendant longtemps, une politique soutenue par le Plan construction permettait d'innover dans le domaine du bâtiment. Le monde HLM a joué un rôle important dans cette innovation. Cette démarche expérimentale doit associer entreprises de mise en œuvre et industriels car les enjeux sont considérables. Concernant les programmes de bâtiments démonstrateurs, la France est pauvre en réalisations à hautes performances. En Allemagne, le programme *Minergie* réalise des milliers de logements ou bâtiments tertiaires très performants. Or, ce type de programme n'existait pas en France jusqu'à l'arrivée du Prebat.

Celui-ci a pour objectif de mettre en place un parc de bâtiments démonstrateurs, à haute performance énergétique. Pour ce programme, un cahier des charges, assez volontariste, a été établi. En 2007, les appels à projets sont en cours dans toutes les régions, ces bâtiments démonstrateurs constituant de véritables vitrines. Chaque année, un parc de 40 à 60 bâtiments sera primé par le Prebat. Il servira de base de mesure, tous les bâtiments étant suivis et évalués, afin de créer un véritable laboratoire des technologies nouvelles.

L'expérimentation permet aussi de bousculer le postulat qu'aucune intervention n'est possible dans l'habitat haussmannien. Actuellement, à Fontenay-aux-Roses, une opération de la société Logirep a été inaugurée, suivie par le centre scientifique et technique du bâtiment. Cette opération montre qu'avec une belle architecture de type haussmannien, l'objectif Facteur 4 peut être atteint. Certes, les coûts sont élevés, les technologies utilisées sophistiquées, mais en isolant par l'extérieur, l'économie d'énergie est possible.

Concernant l'emploi, quelques chiffres montrent que les Allemands arriveraient à générer plus de 100 000 emplois rien que pour le secteur de la rénovation des bâtiments d'ici 2010. Beaucoup de prospectives sont réalisées sur les questions technologiques, mais il faudrait également réfléchir à l'adaptation des compétences nécessaires à la mise en œuvre de ces technologies. Aujourd'hui, beaucoup de copropriétaires, mais également des gestionnaires de grands parcs souhaitent agir et pensent aux énergies renouvelables. Enfin, pour réhabiliter les maisons individuelles, il faut des artisans capables de dialoguer avec les propriétaires. Ils pourront apporter ce conseil à tous les maîtres d'ouvrage isolés, mais prêts à faire quelque chose pour réduire leurs charges, ou simplement par vocation environnementale.

La profession d'auditeur énergétique et les bureaux d'études thermiques doivent également progresser. Pour être efficace, il faut avant tout s'organiser, étudier où agir rapidement, sur certains parcs ciblés. Il faut mieux que les cibles soient identifiées, les industriels fédérés et les avancées démontrées.



Hervé Charrue.

P. Thiot/laurif

“ Les Allemands, avec les approches *Minergie*, prescrivent des objectifs, laissant une quasi liberté de choix des solutions technologiques au maître d'œuvre. Il faut que les Français laissent la porte ouverte aux innovations, et mettent aussi de l'intelligence dans l'ensemble de la filière. ”

Hervé CHARRUE, CSTB





Coin détente et accueil sous la verrière solaire, Nature et découverte, Toussus-le-Noble, Yvelines.

B. Raoux/laurif

## Le parc social

Le parc social a fait l'objet, dans les années 1980, de réhabilitations massives et est devenu un des parcs le moins consommateur d'énergie, avec une consommation inférieure d'environ 30 % au reste du parc résidentiel. Pour les organismes HLM, il existe un véritable problème de priorité pour les politiques publiques. Ils sont aujourd'hui confrontés à des demandes contradictoires. Il leur faut à la fois relancer la production et investir dans les économies d'énergie. Or, dans les deux cas, cela nécessite des fonds propres. Les loyers des locataires sont déjà élevés et le parc social accueille des populations de plus en plus pauvres. Il y a à un dilemme non résolu, une question de priorité et d'engagement public. Les organismes HLM sont très sensibilisés à la question de l'énergie. Ils ont tous un observatoire de la consommation et des charges et l'aspect énergétique est pris en compte dans leur programme d'investissements pluriannuels. Mais la multiplication des labels est pour eux source de difficultés. Il existe beaucoup de niveaux de collectivités en France et en Île-de-France, et leurs demandes sont par-

fois contradictoires et génèrent des surcoûts supérieurs à l'aide escomptée. Dans une grande région comme l'Île-de-France, plutôt que de chercher une labellisation projet par projet, mieux faudrait raisonner de manière globale à l'échelle d'un parc entier et se poser la question de la cible, du Facteur 4, et de la meilleure utilisation des fonds pour y parvenir.

## Le parc tertiaire

Le parc de bureaux évolue également. Les locataires changeant environ tous les cinq ans, les gestionnaires en profitent pour effectuer une rénovation. Il s'agit donc d'une rénovation continue, intégrant les technologies les plus récentes. Par ailleurs, le transfert de la gestion de parcs de bâtiments publics, hospitaliers ou autres à des partenaires privés comme Vinci ou Bouygues, a totalement changé l'approche. Ces nouveaux gestionnaires proposent un schéma financier qui intègre certes la logique de durabilité, mais également l'adaptation du bâtiment à son usage, l'emploi des nouvelles technologies... Sur le plan financier, investisseurs et locataires se sentent concernés et cherchent à faire des économies. À titre d'exemple, les loyers des bâtiments de La Défense se situent aux alentours de 400 euros, et les charges varient entre 50 et 80 euros par mètre-carré (€/m<sup>2</sup>) pour les immeubles de grande hauteur. Sur ces sommes, environ 15 euros sont liés à l'énergie. Mais depuis quelques années, d'énormes progrès sont réalisés, tant sur les bâtiments anciens que sur les bâtiments neufs. Ainsi, pour la tour Framatome, les charges ont baissé de 30 à 40 % en dix ans. Pour les bâtiments neufs, une baisse identique a dû être observée. Ces économies étant principalement dues à la mise en place des réglementations.



Réservoir de rétention d'eau de pluie, Chevilly-Larue, Val-de-Marne.

B. Raoux/laurif

Petit à petit, des bâtiments à énergie nulle commencent à apparaître. L'un d'entre eux est programmé sur La Défense, un autre en cours de construction à Shanghai. Les gens se sentent donc concernés. Il semble aussi que la fabrication d'énergie soit plus facile dans les immeubles de grande hauteur et qu'elle compense la consommation. Il ne faut pas oublier non plus que le patrimoine francilien est jeune. Il représente 48 à 50 millions de m<sup>2</sup> aujourd'hui contre seulement une quinzaine en 1960. Plus jeune que celui des logements, il est également de meilleure qualité.

Concernant les comportements, l'investisseur reste un propriétaire qui cherche à faire des économies. Ses investissements sont réalisés dans cette optique. Le promoteur vend des bâtiments et cherche à les vendre bien. Enfin, le locataire cherche avant tout à bénéficier d'un package loyer plus charges le plus avantageux. Il n'exige pas de son promoteur un faible niveau de charges, mais juge sur la facture globale.



Publicité pour le nouveau Vélizy 2 et sa nouvelle verrière zénithale, Massy, Essonne.

B. Raoux/laurif

## La copropriété et l'investissement locatif

Si l'investisseur immobilier est sensible aux économies, y compris d'énergie, il ne bénéficie pas d'un crédit d'impôt l'incitant à investir dans ce domaine comme cela existe pour la résidence principale. Les subventions de l'Anah ont toutefois un rôle incitatif pour les travaux engagés par les bailleurs privés. Enfin, dans le domaine des bâtiments résidentiels, la situation la plus problématique reste la copropriété.

Une réponse semble pouvoir venir de la réglementation. L'association Negawatt propose d'imposer le renouvellement de l'isolation au moment de la vente du logement. C'est certainement une piste, mais sa mise en œuvre s'avère difficile. Cela ne règle pas le problème de la copropriété, car avec une multiplicité de propriétaires, ces transactions sont décalées et chaque propriétaire ne pourra s'engager dans une réhabilitation et appliquer la réglementation de façon coordonnée. Le diagnostic de performance énergétique offre toutefois des pistes. Un expert peut intervenir en assemblée générale pour expliquer ce qu'il conviendrait de faire. Mais cela suppose des assemblées générales responsables, capables d'investir dans des études.

Concernant la réglementation, certaines interventions s'opèrent sur un logement et d'autres sur la totalité de l'immeuble. La réglementation par composants affecte chacun des logements. Elle est engagée (ou pas) par le copropriétaire qui le fait de sa propre initiative, tout en restant soumis aux réglementations. Mais la réglementation porte également sur les modifications des parties ou équipements communs. Là, les syndicats doivent impérativement respecter les réglementations et ne peuvent en aucun cas les ignorer. C'est probablement

“ L'investisseur reste un propriétaire qui cherche à faire des économies. Ses investissements sont réalisés dans cette optique. Le promoteur vend des bâtiments et cherche à les vendre bien. Enfin, le locataire cherche avant tout à bénéficier d'un package loyer plus charges le plus avantageux. Il n'exige pas de son promoteur un faible niveau de charges, mais juge sur la facture globale. ”

Christian BOUVIER, Orié



Véronique Lamblin, Christian Bouvier et Dominique Sellier.

P. Thiot/laurif



Dominique Sellier.

P. Thiot/laurif

“ Les collectivités peuvent proposer des fonds de garantie pour l’usage de matériaux écologiques et susciter ainsi l’émergence des nouvelles filières, valorisant les ressources locales. ”

Dominique SELLIER, Arene



Guy Bonneau, Conseiller régional d’Île-de-France et, au deuxième plan, Paul Cassin, chef du service Air-Énergie-Bruit, direction de l’environnement, Crif.

P. Thiot/laurif

par ce biais que passera à l’avenir la réglementation. Mais il ne faut pas oublier que pour engager une réhabilitation globale, il faut qu’elle soit votée par l’ensemble des copropriétaires.

## Les collectivités locales

Pour les collectivités, les labels Efinergie ou Cercal habitat patrimoine et environnement sont également des outils intéressants. Elles apportent de plus en plus d’aides et peuvent conditionner leur octroi en se servant de ces labels pour attester de la qualité énergétique et environnementale des projets.

Lors de l’attribution des permis de construire, les collectivités locales peuvent également intégrer cette dimension d’économie d’énergie. Un décret paru récemment autorise la bonification de COS pour des opérations intégrant des critères de performances énergétiques. Ce décret sera peut-être incitatif pour les constructeurs et les investisseurs. L’Arene et une dizaine de communes franciliennes volontaires réfléchissent sur son utilisation.

Elles peuvent aussi favoriser l’essor de solutions innovantes, notamment l’apparition de nouveaux matériaux écologiques qui prendront ainsi leur place

sur le marché. Il est aujourd’hui très difficile d’introduire un nouveau produit sur le marché. Il faut obtenir un certain nombre d’agrément attribués par le CSTB. Les collectivités peuvent proposer des fonds de garantie pour l’usage de ces matériaux et susciter ainsi l’émergence des nouvelles filières, valorisant les ressources locales. L’énergie utilisée pour la production de matériaux isolants est sans commune mesure avec l’énergie économisée grâce à ce matériau.



Foyer d’Ulysse, centre d’accueil d’adultes autistes. Le bâtiment est classé HQE avec ECS solaire, Bullion, Yvelines.

B. Raoux/laurif



### Bonus de coefficient d'occupation des sols

La loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique (dite loi POPE), en date du 13 juillet 2005 autorise, à hauteur maximale de 20 % et dans le respect des autres règles du plan local d'urbanisme (PLU), le dépassement du coefficient d'occupation des sols (COS) pour les constructions remplissant des conditions de performance énergétique et utilisant les énergies renouvelables. Une particularité importante de l'instrument : une délibération du conseil municipal suffit pour introduire cette disposition, qui permet de fixer le taux de bonification. Le bonus de COS est un outil incitatif, basé sur le bénéfice économique, et comparable à certains dispositifs qui existent dans d'autres pays comme la Suisse, les États-Unis ou le Japon. Sont éligibles au bonus, dans le cas de l'habitat collectif et du tertiaire, les constructions labellisées «très haute performance énergétique Énergies renouvelables et pompes à chaleur» (THPE EnR 2005), qui préfigurent la réglementation thermique 2010, et «bâtiment basse consommation 2005» (BBC 2005), qui se rapproche des labels *Minergie* en Suisse et *Passivhaus* en Allemagne.

Pour l'habitat individuel, la consommation doit être inférieure d'au moins 20 % à la consommation conventionnelle de référence et le propriétaire doit s'engager à installer des équipements de production d'énergie renouvelable ou de pompe à chaleur.

Les extensions de bâtiments existants à usage d'habitation sont également concernés, à condition de remplir les mêmes exigences (production d'énergie renouvelable ou pompe à chaleur) et de pratiquer l'isolation des planchers hauts sous combles ; la partie existante et l'extension doivent répondre à ces conditions. Un guide pratique, rédigé par l'Arene Île-de-France et l'Ademe, permet aux communes de s'approprier l'outil et de faciliter sa mise en application.

### Exonération de taxe foncière

Les constructions de logements qui satisfont à certains critères environnementaux et énergétiques peuvent bénéficier d'une exonération de la taxe foncière, d'une durée de quinze à trente ans.



Logements communaux à Châtelet-en-Brie, Seine-et-Marne.

B. Raoux/laurif

La constatation du respect des critères de qualité environnementale se fait par la certification «habitat et environnement», avant achèvement, mise en place en avril 2003 délivrée par l'association Qualitel jusqu'au 31 septembre 2004 et désormais par sa filiale Cerqual.

Pour répondre aux critères de performance énergétique, la consommation conventionnelle d'énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire doit être inférieure de 8 % au moins à la consommation de référence.

Et afin de satisfaire aux critères d'utilisation d'énergie renouvelable, la part de la consommation conventionnelle d'énergie réalisée au moyen d'un système utilisant des énergies renouvelables doit être supérieure, soit 30 à 40 % de la consommation conventionnelle correspondant au chauffage de l'eau chaude sanitaire, soit à 15 % de la consommation conventionnelle totale correspondant au chauffage, à l'éclairage des parties communes, et au chauffage de l'eau chaude sanitaire. Pour appliquer cette disposition, la commune doit prendre une délibération ; ensuite, les éléments de déclaration et de contrôle sont de la compétence de l'État, qui transmet simplement à la ville un état des lieux des déductions opérées.

## Références bibliographiques

- Ademe (2005), *Les chiffres clés du bâtiment énergie et environnement*.
- Conseil régional d'Île-de-France, *Rapport de la délibération n° CR 44-06 du 17 mai 2006 : plan régional pour la maîtrise de l'énergie, le développement des énergies locales et renouvelables et la réduction de l'effet de serre dans l'habitat et le tertiaire sur la période*.
- laurif, Leroi Pascale (2006), *Cahiers de l'aurif n° 145*, p. 141-145. *Immobilier d'entreprise : un marché d'avenir pour la construction durable (HQE) dans «Immobilier d'entreprise : nouvelle géographie, nouvelles stratégies»*
- laurif, Diziain Renaud (2004), *De l'expansion au renouvellement du parc de bureaux francilien. Le grand chantier des réhabilitations*.
- Ministère de l'emploi, de la cohésion sociale et du logement, *Décret n° 2006-592 du 24 mai 2006, Caractéristiques thermiques et performance énergétique des constructions (RT2005)*.
- Traisnel Jean-Pierre (2004), *Cahiers du CLIP n° 16, Habitat et développement durable, les perspectives offertes par les énergies renouvelables*.

© IAU Île-de-France

© IAU Île-de-France





# Les transports franciliens de personnes face aux enjeux énergétiques

Les transports régionaux représentent plus du quart de la consommation d'énergie finale francilienne. À la différence des secteurs de l'habitat et du tertiaire, les transports sont quasiment totalement dépendants du pétrole et cette dépendance ne diminuera que lentement sauf en cas de rupture technologique non prévue à ce jour. Un premier enjeu concerne donc les problèmes liés à la sécurité de l'approvisionnement du pétrole et à la limitation de sa production mondiale (pic pétrole). Le deuxième enjeu, encore plus contraignant, est la réduction des émissions de gaz à effet de serre : les premières investigations au niveau national montrent qu'en tendance la seule technologie ne suffira pas à diviser par quatre, en 2050, les émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports. Au niveau de l'Île-de-France, ces considérations plaident pour une nouvelle organisation des transports et des changements de comportements. Quelles actions peuvent être envisagées pour le futur ?





B. Raouy/Aurif

## Déplacements, contrainte énergétique et effet de serre : quelques repères pour un débat

### *Transportation, energy constraints, and the greenhouse effect: guidelines for debate*

*Today, individuals aspire to a higher degree of autonomy, expanding their field of interactions from the village to the entire world. Businesses demand an increasing level of reactivity from their personnel, which leads to a multi-faceted change in behaviour. As far as transportation is concerned, this means growing mobility and increasing automobile use. On the other hand, transportation is dependant on non-renewable petroleum and is a significant contributor to greenhouse gas emissions, which we intend to cut by three quarters. Growth in fuel consumption for transportation is therefore likely coming to an end. How can we reconcile the terms of this double imperative?*

Les individus aspirent aujourd'hui à plus d'autonomie, et étendent le champ de leurs interactions du village au monde. Les sociétés exigent de leurs membres plus de réactivité, ce qui engendre une modification des comportements à plusieurs niveaux. En ce qui concerne les transports, elle se traduit par une mobilité croissante et un recours accru à l'automobile. Par ailleurs, la dépendance des transports à un pétrole épuisable, la contribution du secteur à des émissions de gaz à effet de serre que l'on doit diviser par quatre rendent plus que probable la fin de la croissance des consommations de carburant consacrées aux transports. Comment peut-on concilier cette double exigence ?

(1) Maître de conférence.



La réflexion présentée autour de cette thématique est volontairement centrée sur les seuls aspects énergétiques : son objectif est de proposer des repères, dimensionner des ordres de grandeur, pour des débats qui resteront controversés. Une seule certitude : il faut articuler des perspectives mondiales et plus locales, des perspectives technologiques, des analyses des potentiels de substitution entre moyens de transport et des considérations sur l'évolution des modes de vie et la mobilité, donc faire appel à des cultures professionnelles diverses.

### Le contexte international, aujourd'hui et demain

La France, avec seulement 1 % de la population mondiale et 2 % des consommations pétrolières et des émissions de gaz à effet de serre (GES), ne peut être isolée du contexte international qui sera plus contraignant à l'avenir.

D'après le *World business council for sustainable development* (Wbcsd, 2004), les mobilités terrestres des hommes devraient croître de 131 %, et l'activité aérienne être multipliée par cinq d'ici 2050. Ces chiffres prennent en compte l'arrivée dans la société de consommation de nouveaux pays qui représentent la moitié de l'humanité. Ils doivent être considérés comme prudents, car assis sur un taux de croissance mondiale de 3 %, alors qu'il se situe à 5 % depuis plusieurs années. Confrontées aux perspectives climatiques et pétrolières, ces extrapolations nous montrent que le « fil de l'eau » n'est plus possible.

Les liens entre transports, pétrole et émissions de GES apparaissent avec des ampleurs différentes selon les référentiels et les indicateurs choisis. À l'échelle mondiale, les transports représentent 27 % des émissions de



À l'échelle mondiale, les transports représentent 14 % des émissions de gaz à effet de serre d'origine non énergétique, comme l'agriculture et la déforestation.

H. Roguet/laurif

gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) d'origine énergétique (contre 37 % pour la production électrique), mais « ne » sont à la source « que » de 14 % des émissions de GES (10 % pour les transports routiers) du fait des émissions des gaz à effet de serre d'origine non énergétique, comme l'agriculture et la déforestation. Le lien est plus intense lorsque le référentiel est le pétrole. Plus de la moitié de la production du pétrole est destinée aux transports, et le pétrole représente 96 % de l'énergie nécessaire aux transports.

Deux traits majeurs du marché pétrolier doivent être rappelés. Le premier porte sur la forte probabilité d'un pic de production<sup>(2)</sup> dans un avenir très proche, qui pourrait se situer dans la première moitié du siècle, et plus précisément entre 2020 et 2030. Le second est la grande volatilité des prix. Le baril<sup>(3)</sup>, qui a atteint quatre-vingt dollars il y a peu, était tombé aux alentours de douze dollars en 1998. Les raisons de cette volatilité sont trop nombreuses pour être toutes rappelées, et l'on se contentera d'observer que la croissance de la part des transports dans la demande contribue à

affaiblir l'élasticité de celle-ci au prix. Dans un contexte orienté à la hausse à long terme, des baisses momentanées sont à prévoir et rendent plus difficile la construction d'alternatives durables. Un enseignement majeur nous a pourtant été délivré par les réactions aux chocs exogènes des années soixante-dix (retour du charbon, développement du gaz et du nucléaire), les adaptations aux chocs endogènes et voulus (dérégulation aérienne par exemple) et la théorie des marchés contestables. L'asymétrie de pouvoir entre des demandeurs multiples et captifs et des offreurs en situation d'oligopole ne peut être brisée que par l'arrivée d'entrants qui contribuent à faire bouger les lignes, *même lorsque leur part de marché est faible*. Ce sera la fonction principale de carburants ou de motorisations alternatives au cours des vingt prochaines années, sous réserve de crédibilité à long terme, donc de faibles émissions de CO<sub>2</sub>.

(2) Toutes les ressources non renouvelables connaissent un pic de production à partir duquel elles décroissent.

(3) Il y a 159 litres dans un baril.

Trois grands défis se dégagent de cette analyse : contribuer à l'émergence de l'après-pétrole dans les transports, éviter les chocs ou leurs effets les plus dévastateurs, contribuer à la baisse des émissions de GES. Ces défis sont immenses, mais plus tout à fait nouveaux : la question pétrolière a été rencontrée dans les années soixante-dix, la question climatique a fait l'objet de premiers pas à Kyoto en 1997. Quelles ont alors été nos capacités de réactions ?

## 1970-2005 : les réponses apportées aux défis pétroliers et climatiques

En France, la quantité d'énergie finale nécessaire à la production d'une unité de richesse est environ 35 % plus faible aujourd'hui qu'en 1970. Nos importations pétrolières totales ont baissé d'un peu plus de 20 % depuis 1973. Les émissions nettes de CO<sub>2</sub> d'origine énergétique ont baissé d'environ 20 % par tête, et de 60 % par unité de valeur ajoutée. Parmi les vingt-cinq pays du monde les plus émetteurs, la France partage avec le



*L'offre de transport a mué avec le développement des trains à grande vitesse (TGV).*

C. Doutré/BaSoH/laurif

Brésil la première place pour la faiblesse des émissions de carbone par unité de valeur ajoutée. L'intensité en carbone de l'économie est plus élevée de 44 % au Japon, 52 % en Grande-Bretagne et en Allemagne, 125 % aux États-Unis et 180 % en Chine (Pew Center, 2004).

Le cas particulier de la mobilité des personnes sur le territoire national est lui aussi riche d'enseignement et mérite une présentation plus détaillée. L'offre de transport ferroviaire a mué avec le développement des Trains à grande vitesse (TGV), du Réseau express régional (RER), des Trains express régionaux (TER), du métro et du tramway. Leur clientèle est pas-



*Première ligne du métro parisien à conduite automatisée, la ligne 14 traverse Paris.*

C. Doutré/BaSoH/laurif

sée de 51 à 90 milliards de voyageurs-kilomètre<sup>(4)</sup> (1 500 kilomètres par personne et par an en 2005), soit un gain de 500 kilomètres par personne en trente-cinq ans. Si l'on faisait l'hypothèse (erronée et surestimée) que ces 500 kilomètres supplémentaires par personne auraient été faits en automobile en l'absence de ces mutations, la surconsommation automobile aurait été de dix-huit litres par personne et par an.

Le parc automobile et les distances parcourues en automobile ont doublé depuis le choc pétrolier de 1973. Chaque Français parcourait alors en moyenne 6 300 kilomètres par an en voiture contre 12 200 kilomètres aujourd'hui. Non seulement plus nombreuses, les voitures ont beaucoup évolué. La puissance du véhicule moyen vendu en 1980 était de quarante-six kilowatts<sup>(5)</sup>. Elle est de soixante-seize kilowatts aujourd'hui. L'évolution des masses des véhicules est à l'avenant. En dépit de cette évolution, la consommation kilométrique a baissé de 25 % entre 1973 et 2005. Si cette baisse n'avait pas eu lieu, nous consommerions cent quarante



*La ligne du dernier Tramway (T3), le long des Maréchaux, à Paris a été inaugurée le 16 décembre 2006.*

F. Dugeny/laurif

(4) Un voyageur-kilomètre correspond au transport, quel que soit le mode, d'un voyageur sur un kilomètre.

(5) Le kilowatt représente 1 000 watts. Un watt est la puissance d'un système énergétique dans lequel est transférée uniformément une énergie de un joule pendant une seconde. Un kilowatt égale 1,359 chevaux-vapeur.



litres de plus par personne et par an. Cette évolution doit être désagrégée au fil du temps. Dans les années soixante-dix, les trafics automobiles croissaient au rythme soutenu de 4,2 % par an, et les consommations kilométriques ne diminuaient pas. Le rythme de l'activité n'a cessé de s'infléchir depuis : on est passé de 2,8 % par an dans les années quatre-vingt à 1,9 % dans les années quatre-vingt-dix et à 0,8 % depuis le début du XXI<sup>e</sup> siècle. Ces évolutions assez favorables sont dues à une multitude de facteurs : évolution vers une économie de services, développement du nucléaire et de la pénétration de l'électricité, substitution du charbon et du pétrole par le gaz, efforts d'économie d'énergie, et progrès technique sur les appareils. Alors que de plus longues distances sont parcourues en automobile, dont le parc a plus que doublé en vingt-cinq ans, la part du budget consacré aux achats d'énergie, reste la même depuis le début des années soixante-dix : 3,5 % pour l'énergie au logement et 3,5 % pour les carburants. Ces points de repère ne valent pas satisfecit. L'effort à conduire demain est encore plus important, tant sur la dépendance



*Les tramways, de mieux en mieux conçus et adaptés aux besoins de dessertes se développent dans les villes, à l'exemple de Strasbourg.*

C.T.S.

pétrolière (conjonction du *peak oil* et d'une explosion de la demande dans les pays émergents) que sur la division par quatre des émissions de GES. Toutefois, plusieurs enseignements sont à retenir de l'expérience passée. Les transports publics, fortement développés sur la période, ont contribué à lutter contre la congestion, à développer une meilleure mobilité de tous et à favoriser le désenclavement. Leurs

capacités en matière de maîtrise de l'énergie et d'effet de serre sont en revanche modestes, non pas parce que les gains sont marginaux, mais parce que le marché des déplacements est géographiquement éclaté et que les liaisons où la demande est suffisamment concentrée mais qui ne bénéficieraient pas encore de dessertes par les transports en commun sont minoritaires dans le marché global.

À l'inverse, il ne faut pas sous-estimer les progrès possibles à venir sur les véhicules routiers. Les pouvoirs publics ont eu la volonté d'orienter les marchés dans le secteur de l'habitat par des normes thermiques dans le neuf et des incitations fiscales dans l'ancien. Pour l'automobile, leur action s'est concentrée sur la sécurité et sur les pollutions locales, avec de beaux succès, mais pas sur les émissions de CO<sub>2</sub>. Des progrès techniques importants et une orientation de la demande vers des véhicules moins lourds et moins puissants auraient des effets très importants sur les consommations et émissions de GES en France, progrès techniques qui pourraient être diffusés dans le monde grâce aux exportations de véhicules.



*Les progrès techniques permettant de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> en France pourraient être diffusés dans le monde grâce aux exportations.*

Michel Bizien/Port Autonome du Havre



## 2005-2050 : les exigences et les capacités de réponse

La France est confrontée à deux exigences : la sécurisation de l'approvisionnement et la sobriété. La première concerne les transports et le pétrole : comment sécuriser nos systèmes de transport face à des risques de ruptures d'approvisionnement ou de prix inabordables pour un fonctionnement normal du système ? Cette exigence est de nature stratégique. La réponse peut éventuellement s'écarter d'une rationalité économique classique, car un fonctionnement dégradé de notre système de transport compromettrait l'économie entière. L'exigence de sobriété concerne la nécessité de baisser les émissions de GES. Pour y faire face, la rationalité économique classique, où chaque euro investi doit conduire au maximum de CO<sub>2</sub> évité – en France, ou à travers nos exportations – est souhaitable et nécessaire, aussi bien en termes économiques qu'en termes écologiques.

Parce qu'une tonne de GES émanant des transports a le même poids sur le réchauffement climatique qu'une

tonne venant de l'industrie, de l'habitat ou de l'agriculture, l'approche doit nécessairement être intersectorielle. Une économie *plus rentable* ou plus acceptable qu'une autre est à privilégier, quel qu'en soit le secteur, quitte à être accompagnée de transferts publics si la rationalité socio-économique (au niveau de la collectivité) diverge de la rationalité économique sectorielle.

### La sécurisation des approvisionnements

La question de la sécurisation recouvre elle-même plusieurs approches : la prévention des crises, comme des ruptures d'approvisionnement ou des hausses brutales de prix, et l'adaptation momentanée ou plus durable à une situation de prix très élevés ou de disponibilité limitée.

Pour se préparer au premier enjeu (la prévention des crises), on doit retenir des crises antérieures que le système recouvre d'autant plus rapidement sa stabilité qu'il est en présence d'offres alternatives qui envoient le signal du prix maximal praticable. Le travail du *Joint Research Centre*<sup>(6)</sup> examine soixante-quinze combinaisons de vec-

teurs énergétiques et de types de motorisation du point de vue de leurs apports en termes de réduction des émissions de GES et de coût économique. Il fait apparaître des conclusions simples : les coûts à la tonne de CO<sub>2</sub> évitée restent supérieurs aux coûts unitaires des améliorations sur les filières classiques (essence ou gazole). Les filières débouchant sur des carburants liquides sont supérieures aux autres. La production de carburants à partir de biomasse et l'hybridation progressive des moteurs thermiques constituent les filières les plus prometteuses à moyen terme pour la réduction de l'impact CO<sub>2</sub>. Les directives européennes prévoyant des taux minimaux d'incorporation jouent un rôle de développement des filières, et l'autorisation de mise sur le marché de véhicules «flexfuel» peut contribuer à la gestion de crises d'approvisionnement. Néanmoins, les faibles productivités à l'hectare en Europe et les conflits possibles avec les usages alimentaires limitent les perspectives. C'est pourquoi sont étudiées des filières de deuxième génération, avec des carburants qui seraient produits à partir de bois, paille, et déchets. Elles présentent des avantages en termes de rendement, de moindre conflit avec les usages alimentaires et de bilan CO<sub>2</sub> plus avantageux (jusqu'à 80 % de réduction) pour des surcoûts qui avaient été estimés entre 250 et 300 euros par tonne de CO<sub>2</sub> évitée sur la base d'un prix du baril plus faible qu'aujourd'hui<sup>(7)</sup>. Avec un prix de référence du baril à cinquante dollars, plusieurs filières se dégagent avec des coûts de l'ordre de cent euros à la tonne de CO<sub>2</sub> évitée et des potentiels de réduction de l'ordre de 80 % des émissions de CO<sub>2</sub>. Ces estimations sont assez cohérentes avec celles de l'Institut français de l'environnement (Ifen, 2005) qui indiquent la disparition des surcoûts de production dans le contexte



Exposition d'une automobile roulant au Diester (agro-carburant obtenu à partir d'huile végétale ou animale), les culturelles 2007, Boigneville, Essonne.

B. Raoux/laurif



Enseigne tarifaire d'une station service distribuant du diesel à très faible teneur en soufre, Villejust, Essonne.

B. Raoux/Laurif

européen, même pour les biocarburants «classiques» pour un baril autour de soixante-quinze dollars. Les délais de mise en œuvre, l'éventualité que des pays comme le Brésil deviennent exportateurs de biocarburants à des prix inférieurs aux coûts européens, la volatilité des prix du brut maintiennent des incertitudes qu'une orientation publique forte permettrait de surmonter. La Commission européenne estime possible et souhaitable une pénétration de l'ordre de 20 % de ces carburants «renouvelables» dans l'alimentation du transport routier en 2020-2030. Cette exigence est le prix à payer pour peser sur le marché.

En ce qui concerne la gestion des crises d'approvisionnement, un premier paramètre à prendre en compte est évidemment le niveau des stocks stratégiques, qui a un rôle d'assurance face à des crises transitoires. Un second paramètre est celui des capacités d'adaptation spontanées des personnes. La revue de situations de crises connues (portant sur des approvi-

sionnements réduits ou des hausses brutales) de l'Agence internationale de l'énergie (IEA, 2005) suggère que ces adaptations sont importantes, et seront plus faciles du fait d'un poids croissant des mobilités non obligées. Si les adaptations spontanées s'avèrent insuffisantes, les pouvoirs publics peuvent les accompagner de mesures provisoires imposées à tous. Dans ce contexte en Europe, il semblerait que l'une des meilleures mesures soit l'adoption d'une limitation de vitesse à 90 kilomètres par heure sur l'ensemble des réseaux, engendrant une économie de 6 % pour un coût de moins de dix dollars par baril évité. Une autre mesure pourrait porter sur la gratuité des transports publics, engendrant une économie de 4 % dans le contexte européen (0,5 % dans le contexte nord américain) mais cette fois à un coût de plus de cent dollars par baril évité<sup>(7)</sup>. Les différences entre les contextes américain et européen indiquent l'intérêt, dans ces situations, d'une non-dépendance totale à l'automobile. Cet aspect ne saurait justifier un fonctionnement récurrent de systèmes loin des équilibres financiers usuels, mais peut justifier les efforts actuels de maintien d'une culture cycliste qui, en situation de crise, constituerait une alternative au potentiel non négligeable, encore plus important si le vélo électrique trouve son marché.



Les innovations autour des modes doux doivent se développer, gravure représentant un «nouveau vélocipède américain», 1882.

Collection particulière/Laurif

## La sobriété

La volonté de diviser par quatre à l'horizon 2050 les émissions de GES de la France est très ambitieuse. Elle ne peut qu'être abordée sur un mode intersectoriel nécessitant la mobilisation de tous les acteurs, pour plusieurs raisons :

- la réussite sera d'autant plus certaine que les potentiels d'évitement les moins coûteux (en termes économiques, sociaux, psychologiques...) seront les plus sollicités (à titre purement illustratif, il est équivalent pour le climat que chaque Français réduise d'un kilogramme par an sa consommation de bœuf ou qu'il parcoure 200 km de moins en voiture, Jancovici, 2002 ;
- la réussite sera d'autant plus pérenne que l'on maîtrisera les effets intersectoriels, par exemple en évitant qu'une économie dans un secteur ne se traduise par des surémissions dans un autre.

Le sujet est vaste, trop important pour ne pas être souligné, mais insuffisamment avancé en termes d'observations empiriques et de conceptualisations (même si les analyses de cycle de vie y contribuent) pour pouvoir être traité convenablement. On s'en tiendra donc à la demande de transport de personnes. Ses émissions seront d'autant plus faibles que :

- le besoin de parcourir des distances importantes est faible ;
- les modes de transports utilisés pour se déplacer ont de faibles émissions ;
- les véhicules utilisés dans chaque système modal ont de faibles émissions.

(6) Commission européenne, 2003.

(7) L'étude est en cours d'actualisation.

(8) D'autres mesures (programmes de covoiturage, interdiction de circuler un jour sur dix en fonction du dernier chiffre de la plaque, semaine de quatre jours, etc.) ont des potentiels de réduction de 1 à 2 % pour des coûts très variables.

## La ville compacte

Les solutions permettant de minimiser le besoin de déplacement ont fait l'objet d'une abondante littérature, tout d'abord en France depuis les études de «Budget Énergie Transport» (IRT, Cetur, Stu, 1984, Orfeuil, 1986), dans le monde depuis les travaux comparatifs de Newman et Kenworthy (1989). Les messages délivrés par ces travaux sont simples : pour des personnes comparables en termes de niveau de vie et de position dans le cycle de vie, les consommations d'énergie pour la mobilité des ménages vivant dans une zone peu dense et dépendante de l'automobile sont trois fois plus élevées que celles des ménages vivant dans une zone bien desservie par les transports en commun et bien équipée. Des préconisations comme la ville compacte, la ville à portée de main, la ville polycentrique ou encore la coordination entre développement urbain et transports répondent à ce souci, même si leurs objectifs peuvent être plus vastes. Des travaux postérieurs contribuent parfois à nuancer ou à reformuler le propos. Orfeuil (2000) montre, sur la base de l'enquête Transport de 1994, que les circulations internes aux agglomérations (là où les alternatives à l'automobile sont les plus nombreuses) ne représentent que 21 % des circulations totales, part qui a probablement décliné depuis avec le développement des mobilités de loisirs. Massot et Orfeuil (1995) montrent que la distance des déplacements vers le travail croît dans tous les types d'espace et qu'un des segments de croissance les plus importants est celui des échanges interurbains de proximité, le plus coûteux en carburant du fait des distances et le plus rétif à la planification urbaine *stricto sensu*. Une publication récente de l'Insee (Baccaini, 2007) va dans le même sens : les 8 % d'actifs qui vivent dans une aire urbaine et travaillent dans une autre

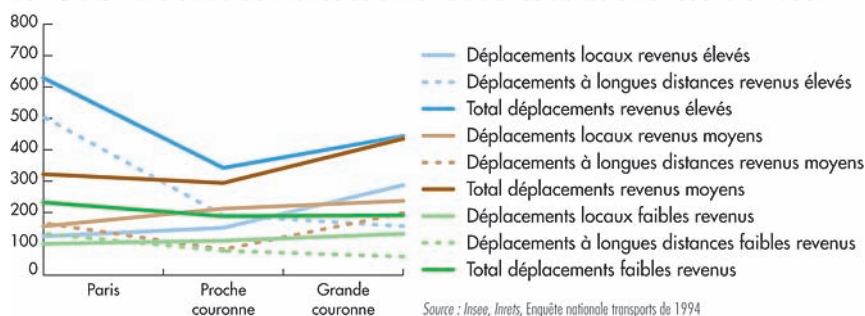
représentent la moitié des kilomètres parcourus pour le travail ! Orfeuil et Soleyret (2002) montrent en outre que les déplacements à longue distance sont plus fréquents chez les résidents des centres que chez ceux des périphéries (ce sont même les résidents de Paris *intra muros* qui parcourent le plus de distance dans l'année). D'autres travaux renforcent au contraire les réserves qu'on peut avoir à l'égard de l'étalement, mais pour des questions économiques ou sociales liées à l'accessibilité au marché de l'emploi ou au coût des déplacements pour les ménages modestes (Polacchini et Orfeuil, 1998, Wenglenski et Orfeuil 2004). Parce que la compacité n'épuise pas le sujet (les déséquilibres existent au sein de la ville compacte, comme le déséquilibre Est-Ouest en Île-de-France...), d'autres travaux explorent des voies nouvelles comme la ville cohérente (Massot et Korsu, 2004). Plus que les nuances induites par telle ou telle direction de travail, ce sont les capacités de pilotage des collectivités et les constantes de temps du système qui conduisent à penser qu'un retour d'une planification plus volontariste et orientée vers la compacité est utile, voire indispensable face à des enjeux sociaux urgents, mais ne saurait être l'alpha et l'oméga de la lutte contre le réchauffement. En supposant que la capacité de déplacer la demande de 50 000 logements de la périphérie vers les zones mieux équipées et desservies soit effective, une économie d'au plus

150 000 tonnes de CO<sub>2</sub> pour les déplacements serait réalisée chaque année. Cette économie reste modeste par rapport à d'autres possibilités et en regard des inflexions dans les coûts immobiliers, les modes de vie et les aspirations que ce changement suppose : l'orientation est intéressante vis-à-vis d'enjeux économiques et sociaux, de second rang dans la lutte contre le changement climatique.

## Les transports en commun, la voiture ou le vélo ?

La maîtrise des consommations d'énergie et des émissions par les transferts modaux révèle la même contradiction de diagnostic entre les analyses micro comportementales et globales. Dans le contexte où l'automobile et le transport public sont en concurrence, les transports publics contribuent nettement moins aux émissions : un rapport de un à deux entre le bus et la voiture est fréquemment cité, et un rapport de un à trois, voire un à quatre entre l'ensemble des transports publics locaux (les modes électriques sont supposés sans émissions) et l'automobile est réaliste. En termes macroscopiques, la question est celle de la part des circulations substituables par les transports publics ou le vélo. À l'échelle des bassins de vie, les potentiels techniquement envisageables (CGP, 1997, Massot, 2002) sont de l'ordre de 10 % des circulations automobiles urbaines. Leur concrétisation suppose des offres nouvelles qu'il faudra financer et

Distances hebdomadaires en kilomètres parcourues par les personnes de 25 à 64 ans en Île-de-France selon le lieu de résidence et le revenu en 1994





l'acceptation par les personnes de conditions de déplacements en moyenne moins rapides ou moins confortables. Là encore, le bilan coût/avantage n'est pas bon, si on le rapporte aux seuls avantages en CO<sub>2</sub>. Avec une dépense publique allant de 0,2 à 0,6 euros par voyageur-kilomètre dans le transport public pour un gain de transfert au mieux de l'ordre de quarante grammes de carbone évité, le coût (récurrent) de la tonne de CO<sub>2</sub> se situe entre 15 000 et 20 000 euros, sous l'hypothèse optimiste (et irréaliste) que tous les nouveaux clients viennent de la voiture conducteur, et sans valoriser les éventuelles pertes de temps des usagers. On passe à des valeurs quatre fois supérieures si l'on suppose, de façon plus réaliste, qu'un client sur quatre vient de la voiture. Cela ne signifie pas que le développement des transports publics ne doit pas être à l'ordre du jour, mais qu'il doit d'abord l'être pour des raisons, économiques, sociales ou territoriales.

### Des véhicules plus économes en énergie

Le dernier point concerne l'évolution des consommations et émissions des véhicules individuels eux-mêmes. La baisse de la consommation des véhicules a été de loin la première source de maîtrise. Les émissions de CO<sub>2</sub> des transports : les émissions moyennes des ventes en Europe sont passées de 185 à 160 grammes par kilomètre (g/km) entre 1995 et 2005, PSA et Renault sont au coude à coude à 145 g. En France, les ventes de voitures émettant moins de 140 g/km ont doublé (plus 500 000 unités), celles des voitures émettant plus de 140 g ont baissé de 500 000, et les ventes de voitures très efficaces (moins de 120 g) ont bondi de 17 000 à 282 000 entre 2000 et 2005 (Ademe, 2006). Doit-on aller plus loin, et si oui, jusqu'où ? Le peut-on ?

L'analyse technico-économique dans chaque secteur peut guider la réflexion et contribuer à la prise de conscience que certaines pistes sont à portée de main. Pour les voitures, c'est ce qu'ont montré des chercheurs américains (De Cico, 1993) et l'Agence de protection de l'environnement (EPA 1991) grâce à une méthodologie fondée sur la construction de courbes (dites coûts/efficacité) rangeant les différentes technologies de maîtrise des consommations par coûts croissant au litre aux cent kilomètres économisés. Une intégration des économies sur la durée de vie des véhicules fait apparaître les technologies rentables pour le consommateur pour une classe de véhicule donnée. À titre d'exemple, pour le parc américain du début des années quatre-vingt-dix, le panier des technologies rentables permettait d'augmenter de 50 % l'efficacité (de vingt-huit à quarante-deux miles par gallon) sans augmentation du coût global d'achat et d'usage. Même si le contexte européen est différent (véhicules plus efficaces, améliorations plus coûteuses, prix du carburant plus élevé, améliorations plus rentables), il reste des marges importantes. Ainsi aujour-

d'hui, les différents niveaux d'hybridation envisageables donnent un majorant des coûts de réduction des émissions. Le système le plus basique (*Start Stop*) permet un gain de l'ordre de 5 % sur les consommations pour un coût de l'ordre de 350 euros par véhicule (350 euros par tonne de CO<sub>2</sub> évitée), compensée par une économie à l'usage de l'ordre de 500 euros sur la durée de vie du véhicule. Un système incluant des fonctions de régénération et d'assistance à la puissance sur un moteur de puissance réduite procure un gain de l'ordre de 20 % pour un coût de l'ordre de 1 500 euros par véhicule, une économie à l'usage de l'ordre de 1 800 euros (d'après Douaud, 2007) et un coût comparable à la tonne de CO<sub>2</sub> évitée. Par ailleurs, des baisses de performance (puissance, vitesse de pointe) entraîneraient des réductions d'émissions encore plus significatives. L'orientation de l'offre et de la demande vers des véhicules plus efficaces peut reposer sur des outils fiscaux et réglementaires tournés vers les constructeurs (obligation pour chaque constructeur présent sur le marché d'atteindre un objectif sur la moyenne de ses ventes, assorti d'un système de



*Les concessionnaires automobiles s'impliquent pour réduire la consommation énergétique des véhicules.*

B. Raoux/Laurif

permis négociables pour les échecs) ou vers les consommateurs (surtaxation des voitures les plus consommatrices alimentant un fond de sous-taxation des voitures les moins émettrices). En bref, ce sont des millions de tonnes de CO<sub>2</sub> qui sont évitables par une meilleure adéquation des voitures aux contraintes de demain et une orientation des choix des consommateurs par des incitations aux coûts faibles. Selon leur perception de l'urgence de la question climatique, les pouvoirs publics français ou européens peuvent discuter de l'opportunité ou du rythme de mise en œuvre de telles orientations (la voiture moyenne vendue en Europe du Sud est à moins de 150 g/km, à peu près de 170 g/km en Allemagne et au Royaume-Uni, de 200 en Suède et de 230 aux États-Unis...). Les potentiels les plus massifs d'évitement se situent à ce niveau, d'autant plus que les pouvoirs publics ont intérêt à préserver les capacités de mobilité que le contexte socio-économique exige de leurs citoyens.



*La qualité de la vie doit être suffisamment agréable en milieu urbain pour éviter l'utilisation de la voiture pour de courtes distances.*

C. Doutré/BaSoH/laurif

### La nécessité de combiner les actions

Les évolutions passées comme la prospective suggèrent que des potentiels massifs d'économie sont mobilisables au niveau des voitures comme dans la production de biocarburants, et que, au moins pour les voitures, le potentiel lié au marché national peut être démultiplié par les exportations vers les pays en cours de motorisation massive. Peut-on, s'en contenter, d'autant plus que par le passé, les autres directions envisagées (maîtrise de l'étalement, transferts modaux) n'ont apporté que des résultats mitigés ou décevants ? La réponse est sans doute négative, pour plusieurs raisons : il est peu probable qu'on puisse atteindre l'objectif Facteur 4 par la seule technologie, il faut reconnaître que les investissements passés dans les transports publics ont été le plus souvent réalisés pour d'autres raisons que la maîtrise des émissions, il est enfin souhaitable que les collectivités territoriales, dont l'envie d'agir peut être forte, puissent le faire activement. Certes, les transports ne sont pas les seuls émetteurs, et, de la thermique des bâtiments au contenu des assiettes et à la valorisation des déchets, il y a d'autres secteurs d'intervention avec des potentiels de progrès importants. Certes, les collectivités peuvent contribuer à orienter la demande de véhicules (ce qui était déjà prévu par la loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie – Laure) en privilégiant dans leurs achats les véhicules les plus sobres et en ne labellisant que les systèmes d'autopartage dont les parcs sont les plus sobres. Ces opportunités ne sont évidemment pas exclusives d'interventions sur l'organisation urbaine et les transports, sous réserve d'intégrer aux stratégies futures les leçons des forces et faiblesses des interventions pas-

sées. Nous retiendrons pour notre part trois questions en guise de conclusion prospective :

Un enjeu primordial est de maintenir au maximum l'emploi et les activités dans les zones les mieux desservies par les transports publics. Fait-on ce qu'il faut dans ce domaine ? Y a-t-il une limite où les politiques de restriction des circulations automobiles en ville risquent de compromettre cet objectif ? Pouvons-nous, devons-nous, nous satisfaire de politiques où de moindres circulations centrales iraient de pair avec un surcroît plus que proportionnel de circulations périphériques liées à une déconcentration encouragée des activités ?

Du point de vue de l'effet de serre, le développement des transports publics n'a de sens que s'il permet des transferts significatifs de la voiture vers les transports publics. Compte-tenu des temps peu compressibles d'accès et d'attente, ces transferts ne deviennent significatifs que sur des distances assez importantes où le coût d'usage de l'automobile est ressenti et avec des systèmes de transport public de vitesse élevée. Comme en outre les systèmes de type Vélib et Vélo'v rencontrent un franc succès pour les déplacements de proximité, des transports publics apportant une contribution significative aux transferts modaux ne doivent-ils pas s'éloigner significativement du modèle quasi exclusif de cabotage que nous connaissons aujourd'hui pour aller vers des systèmes métropolitains rapides et à plus grande maille ?

Enfin, la compacité est souhaitable sous certaines conditions permettant la convergence des points de vue d'experts et des comportements humains. La première repose sur la nécessité de loger de nouvelles populations dans la ville constituée, et dans des contextes plus attractifs que l'habitat périurbain, supposant en aval de gros efforts de qualité architecturale et urbaine

(quelle «proxy» pour la maison individuelle ?). La seconde est que la qualité de vie soit suffisante pour que ces nouveaux urbains ne soient pas trop tentés par de courts séjours hors de la ville, susceptibles d'annuler les apports de la compacité. Enfin, la compacité ne saurait dispenser la recherche de cohérence (au sens défini par Massot et Korsu, 2004). Un travail récent sur Lyon (Gadais et coll., 2007) le montre bien : les cadres, dont les lieux de résidence et d'emploi sont beaucoup plus souvent situés dans la partie compacte de l'agglomération, ont néanmoins une distance au travail ; comparable à celle des ouvriers, aux lieux de résidence et d'emploi plus périphériques : la compacité morphologique n'implique pas la cohérence fonctionnelle. En sus, comme le progrès, la compacité ne vaut que si elle peut être partagée par tous. L'étude citée confirme malheureusement ce que nous avons établi (Wenglenski et coll., 2004) pour l'Île-de-France : une partie centrale, compacte, occupée préférentiellement, à la résidence et à l'emploi, par des cadres, une partie périphérique occupée préférentiellement par des ouvriers, dépendants de l'automobile. Nos (in)tolérances à l'égard des installations productives en zone dense et nos mécanismes de financement du logement ne méritent-ils pas alors interrogation ?

## Références bibliographiques

- **Commissariat Général du Plan** (1998), *Rapports de prospective Énergie 2020*, Paris
- **European Commission, Directorate for research** (2006), *Biofuels in the UE. A vision for 2030 and beyond*, Eur 22066
- **Ministère des transports, de l'équipement, du tourisme et de la mer, CGPC** (2006), *Démarche prospective 2050*
- **Orfeuil J.P.** (1986), *Les budgets énergie Transport : un concept, une pratique, des résultats*, RTS n° 2, Inrets
- **Orfeuil J.P.** (2000), *L'évolution de la mobilité quotidienne*, Synthèse Inrets n° 37, Inrets
- **Orfeuil J.P. et Soleyret D.** (2002), *Quelles interactions entre les marchés de la mobilité à courte et longue distance ?* RTS n° 76, Inrets
- **Polacchini A. et Orfeuil J.P.** (1999), *Les dépenses de logement et de transport des ménages en Île-de-France* in Recherche Transport Sécurité n° 61, Inrets
- **Wenglenski S. and Orfeuil J.P.** (2004), *Differences in Accessibility to the job market according to the social status and place of residence in the Paris area Built environment* Vol 30 n° 2
- **Wbcsd** (2004), *Mobility 2030 : meeting the challenge to sustainability*, Genève





J.-C. Pantocini/Ubbo Images/laurif

### *Energy challenges facing passenger transport in Île-de-France*

*What are the specificities of the Île-de-France region concerning energy constraints? France is still very dependent on petroleum products despite its nuclear energy policy. Within this national context, how energy-efficient is Île-de-France, and what are its principal ground transport energy consumption characteristics? How are the various modes of transportation organized, considering continuing changes in mobility? What is the impact of automobile dependence on the least well-to-do households? What role does regional ground transportation play in greenhouse gas emissions? An examination of past and potential technological progress, coupled with the observed inertia of automobile stock turnover, leads to the conclusion that given the current state of the art, technology alone will not permit compliance with national climate change objective, and that immediate action must also be taken concerning travel behaviour.*

## Transports de personnes et énergie : les spécificités franciliennes

Louis Servant  
laurif

Quelles sont les spécificités de l'Île-de-France face aux enjeux énergétiques ? Au regard du contexte national où la France est encore très dépendante des produits pétroliers malgré sa politique nucléaire, quelle est l'efficacité énergétique de l'Île-de-France et les principales caractéristiques de la consommation énergétique de ses transports terrestres ? Comment s'organisent les divers modes de transports au regard de l'évolution de la mobilité ? Quel est l'impact de la dépendance automobile sur les ménages les moins riches ? Quel rôle jouent les transports terrestres régionaux sur les émissions de gaz à effet de serre ? L'examen des progrès technologiques passés et futurs couplés à l'inertie du renouvellement du parc automobile permet de conclure que la seule technologie ne permettra pas, en l'état des connaissances actuelles, de respecter l'objectif national de lutte contre le réchauffement climatique et qu'il faut dès à présent agir également sur les déplacements.

## La France : dépendance au pétrole dont la moitié est utilisée pour les transports (57 %)

L'énergie primaire est généralement utilisée pour les comparaisons internationales. Il s'agit de l'énergie disponible dans la nature, extraite sur le sol national ou importée. En 2005, le pétrole représentait 94,75 millions de tonne équivalent pétrole (Mtep<sup>(1)</sup>), soit 33 % de l'énergie primaire française, moins que la moyenne des pays membres de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE, 41 %).

La production française d'énergie électrique nucléaire (78 % du total), réduisant la part du pétrole et des autres énergies fossiles (gaz naturel et charbon) dans les besoins d'énergie primaire explique cette situation. L'énergie réellement consommée par les Français est l'énergie finale, c'est-à-dire celle qui leur est délivrée après transformation éventuelle de l'énergie primaire. Dans ce cas, la part du pétrole remonte à 48,7 % de l'énergie

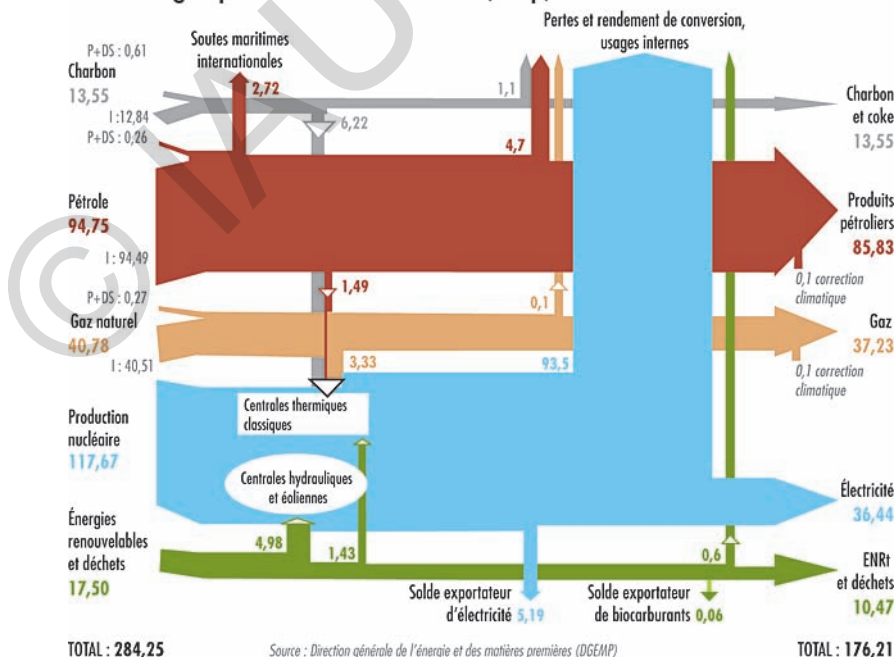


En 2005, le pétrole représentait 94,75 millions de tonne équivalent pétrole (Mtep), soit 33 % de l'énergie primaire française.

B. Raoux/Laurif

finale<sup>(2)</sup> (52 % pour l'OCDE)<sup>(3)</sup>. Or, le pétrole est l'énergie dominante dans les transports nationaux (98 %, y compris les transports aériens) et dans les transports terrestres régionaux (94 %). En 2005, l'activité transports accaparait 57 % de la consommation nationale finale de pétrole (58 % pour l'OCDE), soit 29 % de l'énergie finale totale.

### Ressources primaires (énergie primaire) et consommation finale (énergie finale) Bilan énergétique de la France en 2005 (Mtep)



(1) Tep (tonne équivalent pétrole) : quantité d'énergie contenue dans une tonne de pétrole. En France on a adopté les équivalences suivantes : 1 tep = 42 GJ = 11,667 MWh. On rappelle que M (méga) vaut un million (106), G (giga) vaut un milliard (109) et que J est le symbole de Joule (unité internationale d'énergie).

(2) Dans la suite de l'article, sauf mention contraire, on utilise les données d'énergie finale. Par ailleurs, pour la France et l'Île-de-France, on part des données de l'Observatoire national de l'énergie (Direction générale de l'énergie et des matières premières). Lorsque nous avons effectué les calculs, le tableau de bord de l'énergie en Île-de-France (publication Arene-Ademe, édition 2006) n'était pas encore disponible. Ce tableau de bord part des mêmes données (DGEMP). La différence est qu'il ne prend en compte qu'une partie des livraisons régionales de kérosène aviation, alors que la totalité de celles-ci est incluse dans nos calculs.

(3) Ceci résulte du fait que la production nucléaire d'électricité se fait avec un rendement de seulement 33 %. Ainsi, il faut trois tep d'énergie primaire nucléaire pour produire un tep d'électricité, ce qui gonfle la part du nucléaire dans l'énergie primaire, au-delà de son importance en consommation finale d'électricité.

## L'Île-de-France : une meilleure efficacité énergétique que la moyenne nationale, y compris pour ses transports intérieurs

L'efficacité énergétique est mesurée par l'intensité énergétique, c'est-à-dire le ratio « consommation d'énergie finale » divisé par le « Produit intérieur brut », généralement exprimé en tonne équivalent pétrole par million d'euros (tep/M€). L'efficacité énergétique est d'autant meilleure que l'intensité énergétique est faible.

L'Île-de-France avait en 2002 une intensité énergétique globale presque moitié moindre que celle du territoire national. L'intensité énergétique des transports terrestres régionaux<sup>(4)</sup> aboutissait également au Facteur 2.

La consommation par habitant des transports régionaux (hors aérien) est également beaucoup plus faible que pour la Nation : 0,49 tep/hab contre 0,74.

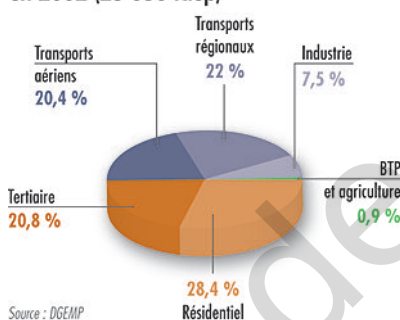
En 2002, les transports terrestres régionaux absorbaient 22 % de la consommation finale d'énergie. Ils se placent en second, après le secteur résidentiel (28,4 %) et devant le secteur tertiaire (20,8 %), suivi des transports aériens (20,4 %), de l'industrie (7,5 %) puis du bâtiment et travaux publics (BTP, 0,5 %) et de l'agriculture (0,4 %)<sup>(5)</sup>.



En 2002, les transports terrestres régionaux absorbaient 22 % de la consommation finale d'énergie.

C. Abron/Amphiprion/laurif

### La consommation finale d'énergie en Île-de-France par secteur d'activité en 2002 (25 058 Ktep)



Source : DGEMP

La part importante du transport aérien est une particularité de l'Île-de-France, qui reçoit 80 % des livraisons nationales de kérosène aviation. Bien que l'aérien ne fasse pas partie de l'objet de cet article, il est important de le mentionner car cela illustre un véritable souci d'approvisionnement... qui se fait par voie terrestre (quasi exclusivement par pipelines).

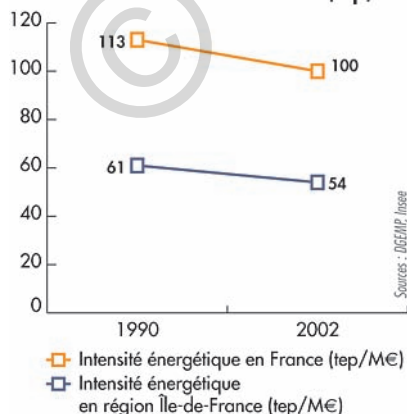
## Les transports régionaux dépendent quasi-exclusivement des produits pétroliers

La dépendance des divers secteurs aux produits pétroliers (pétrole et gaz) est démontrée. Ce sont les transports qui dépendent le plus des produits pétroliers (plus précisément du pétrole car le gaz est très peu utilisé). Bien entendu, la palme revient au transport aérien qui dépend totalement du kérosène. Cependant, compte tenu de l'importance en Île-de-France des transports en commun mus à l'électricité (métro, RER, chemins de fer, tramways), on pourrait espérer une réduction sensible de la dépendance pétrolière des transports terrestres régionaux. Or il n'en est rien : 94 % de leur énergie provient du pétrole, les 6 % restants de l'électricité.

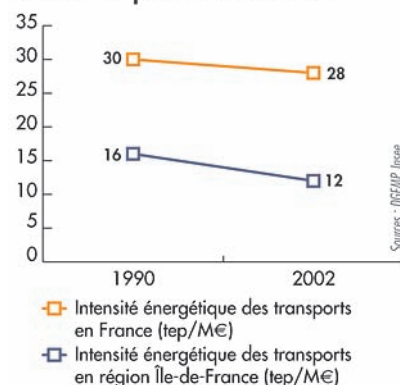
Les transports accaparent 85 % des livraisons de pétrole, dont 43 % pour les transports régionaux et 42 % pour l'aérien.

Les ventes de carburants routiers en Île-de-France ont connu un changement profond sur la période 1990-2004. Le volume total a d'abord progressé entre 1990 et 1996 (+ 11 %), puis a baissé depuis 1997 (- 13 %). Parallèlement, le gazole a pris une part de plus en plus importante dans ces livraisons au détriment de l'essence.

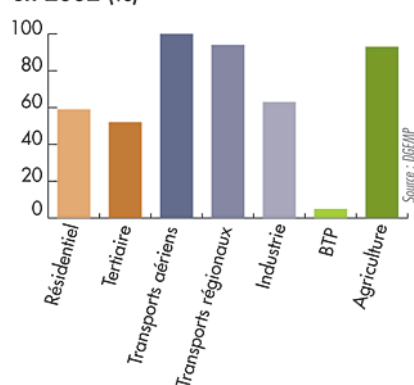
### Intensité énergétique globale de la France et de l'Île-de-France (tep/M€)



### Intensité énergétique des transports en France et en Île-de-France (tep/M€), hors aérien pour l'Île-de-France



### La dépendance de l'Île-de-France aux produits pétroliers (pétrole et gaz) en 2002 (%)





## Les livraisons de pétrole en Île-de-France en 2002

	Livraison de pétrole (%)
Résidentiel	7
Tertiaire	6
Transports aériens	42
Transports régionaux	43
Industrie	1
BTP	0
Agriculture	1
<b>Total</b>	<b>100</b>

Source : Comité professionnel du pétrole (CPPP)

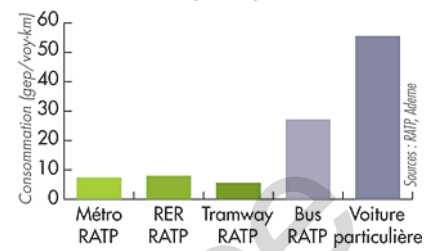
La montée du gazole est évidemment liée à la pénétration des véhicules diesel. En revanche, la baisse du volume total est surprenante, volume qui est d'ailleurs devenu en 2004 légèrement inférieur à son niveau de 1990 (- 3 %). Pour comprendre ce phénomène, il faut examiner les facteurs de hausse des carburants mais aussi ceux de baisse. Les facteurs de hausse sont familiers : augmentation des kilométrages (+ 15 % environ) croissance du poids moyen des véhicules (de l'ordre de 20 % pour les voitures particulières), équipements de confort (climatisation). Mais leurs effets sont contrecarrés et dépassés par ceux de deux facteurs de baisse : la baisse de la consommation des moteurs (de l'ordre de - 30 %) et l'impact de la substitution de l'essence par le gazole (20 % en volume). Ce dernier facteur a per-

mis d'inverser la tendance haussière depuis 1997 : un moteur diesel est 30 % plus performant qu'un moteur à essence, ce qui se traduit par une consommation en poids 30 % moindre. Mais puisque le gazole est 10 % plus lourd que l'essence, le résultat est une baisse de 20 % de la consommation en volume. Bien que ce soit satisfaisant, il faut savoir que cet effet s'arrêtera quand le taux d'équipement en voitures particulières diesel aura atteint son niveau de saturation. La consommation pourrait à nouveau progresser ou du moins ne plus baisser si les autres facteurs ne sont pas modifiés de manière sensible.

## Les transports en commun, surtout les modes ferrés électriques, sont globalement les plus performants en matière énergétique

La consommation énergétique moyenne<sup>(4)</sup> des divers modes de transports en Île-de-France montre que les modes ferrés électriques sont de loin les plus performants tant du point de vue de la consommation énergétique qu'en celui des émissions de gaz à effet de serre.

## La consommation d'énergie des divers modes de transports en Île-de-France (2003)



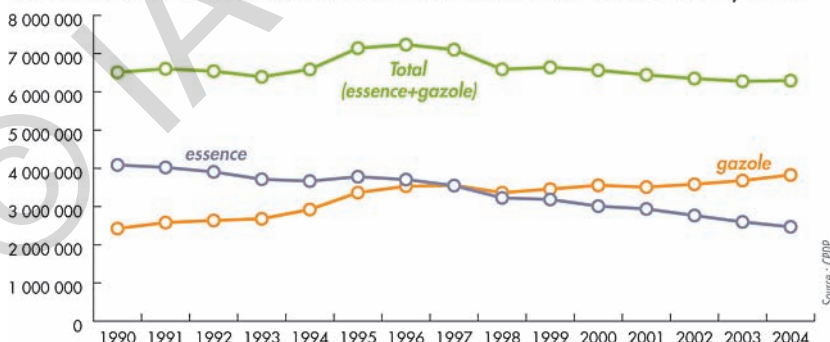
Pour transporter une personne sur un kilomètre, le tramway consomme dix fois moins d'énergie que la voiture particulière.

C. Doutré/BaSoH/laurif

Pour transporter une personne sur un kilomètre le tramway consomme dix fois moins d'énergie que la voiture particulière, le métro sept fois et demi moins et le RER RATP sept fois moins. Le bus RATP est nettement moins efficace : seulement deux fois moins d'énergie consommée que la voiture particulière.

Si on examine les émissions de gaz à effet de serre «du puits à la roue», c'est-à-dire en tenant compte à la fois des émissions en circulation et de celles nécessaires à la fabrication de l'énergie

## Les ventes de carburants routiers en Île-de-France entre 1990 et 2004, en m<sup>3</sup>



## Les principaux facteurs jouant sur la consommation de carburant

Facteurs de hausse	Facteurs de baisse
- Augmentation des kilométrages	- Moteurs plus performants
- Croissance du poids moyen des véhicules	- Forte pénétration du diesel
- Équipements de confort (climatisation)	

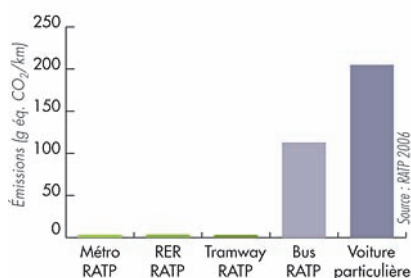
Sources : DDREIF, CCFA, CPDP

(4) À partir du ratio «consommation d'énergie finale transports» divisé par le «Produit intérieur brut».

(5) Pour la même année (2002) le classement au niveau national (France métropolitaine) était le suivant : résidentiel (28 %), transports terrestres (27,7 %), industrie (25,4 %), tertiaire (12,8 %), transports aériens (3,9 %), agriculture (1,9 %) et BTP (0,3 %). Si on additionne les transports terrestres et aériens le secteur transports prend la première place (31,6 %).

(6) Exprimée en grammes équivalent pétrole par kilomètre (gép/km).

### Les émissions de gaz à effet de serre «du puits à la roue» (traction pure) des divers modes de transports en Île-de-France (2003)



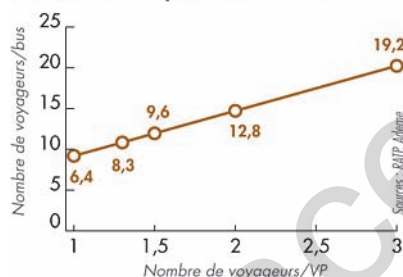
Les modes ferrés électriques sont globalement les plus performants en matière énergétique.

C. Doutre/BaSoH/laurif

utilisée, l'avantage des modes ferrés électriques est encore plus patent<sup>(7)</sup> : pour transporter une personne sur un kilomètre, le tramway émet soixante-huit fois moins de gaz à effet de serre que la voiture particulière, le métro cinquante-huit fois moins et le RER cinquante-sept fois moins. Le bus qui utilise un carburant fossile comme la voiture particulière, reste au même niveau relatif que pour la consommation, soit deux fois moins d'émissions de gaz à effet de serre (GES).

Les calculs des émissions de gaz à effet de serre «du puits à la roue» sont réalisés sur l'ensemble de l'année et mélangent donc toutes les situations possibles : périodes de fort et faible trafics, heures de pointe, heures creuses, etc. En particulier, la comparaison avec l'automobile dépend des taux d'occupation des modes (nombre de passagers par véhicule). On imagine facilement que si un RER dessert intégralement une zone à faible population, sa clientèle sera très faible et son bilan énergétique très mauvais, ce qui n'est jamais décidé au regard de l'importance des investissements en jeu. En revanche, pour le bus, il est possible de trouver des situations où le bilan

### Nombre moyen de passagers en-dessous duquel le bus banlieue RATP consomme plus d'énergie que la voiture particulière en fonction du taux d'occupation de celle-ci



énergétique est favorable à l'automobile. Pour illustrer ce propos, le graphique montre, en fonction du taux d'occupation de la voiture particulière, le nombre moyen de passagers en-dessous duquel le bus banlieue RATP consomme plus d'énergie que celle-ci. Ainsi, si le conducteur de la voiture particulière est seul dans le véhicule, le bus banlieue RATP doit transporter au moins sept passagers pour être plus efficace que la voiture particulière ; treize si le conducteur de la voiture particulière est accompagné d'une personne ; vingt s'il est accompagné de deux personnes. Avec un taux moyen d'occupation du véhicule particulier de 1,3 (moyenne constatée en Île-de-France), le bus doit avoir un taux moyen de remplissage supérieur à huit passagers.

Du seul point de vue énergétique, ce constat milite pour des solutions alternatives d'usage collectifs de l'automobile individuelle dans les situations où la clientèle bus est faible (taxis collectifs, transports collectifs à la demande par exemple). Bien entendu le critère énergie n'est pas le seul à prendre en considération dans la pratique.

(7) Ces émissions sont exprimées en grammes équivalent CO<sub>2</sub> par voyageur-kilomètres (g éq. CO<sub>2</sub>/km). Pour cela, on traduit les quantités de gaz à effet de serre autres que le gaz carbonique CO<sub>2</sub> (par exemple le gaz naturel) en quantités équivalentes de CO<sub>2</sub> pour le même effet de serre.



Si le conducteur de la voiture particulière est seul dans le véhicule, le bus banlieue RATP doit transporter au moins sept passagers pour être plus efficace que la voiture particulière.

C. Doutre/BaSoH/laurif

## L'évolution globale des déplacements de personnes s'est orientée vers le mode automobile qui coûte très cher aux ménages les moins riches

La répartition des distances supplémentaires (voyages-kilomètres<sup>(8)</sup>) parcourues quotidiennement par les franciliens en Île-de-France entre 1991 et 2001 montre que les voyages-kilomètres supplémentaires parcourus en modes motorisés individuels (11 060 milliers de kilomètres<sup>(9)</sup>) dépassent le résultat net des kilomètres supplémentaires totaux (égal à 9 866 milliers de kilomètres). Ceci s'explique par le fait que le bilan net des voyages-kilomètres des autres modes (hors modes motorisés individuels) est négatif (diminution entre 1991 et 2001) tandis que celui des voyages-kilomètres en modes motorisés individuels est positif. Or, la voiture particulière représente 91 % des kilométrages supplémentaires constatés. Par conséquent la mobilité additionnelle s'est massivement tournée vers l'automobile individuelle dont on vient de voir que c'est globalement le mode le moins économe et le plus émetteur de gaz à effet de serre<sup>(10)</sup>.

Il est certain que la dispersion urbaine favorise la possession et l'usage de l'automobile. Les distances quotidiennes parcourues par les ménages des communes les moins denses de l'Île-

### Transports quotidiens. Écart entre la tranche des communes de densités minimales et celle des communes de densités maximales, Île-de-France, 1990

Facteur mesuré	Écart entre les tranches de densité minimales et maximales
Distance parcourue	x 2,3
Consommation énergétique	x 3,2
CO <sub>2</sub>	x 4,4

Source : Vincent Fouchier. «La planification urbaine peut-elle conduire à une mobilité durable ?», revue La Jaune et la Rouge mars 1997

de-France et par les ménages des communes les plus denses, ainsi que l'énergie consommée et les émissions de gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>) ont été calculés pour l'année 1990<sup>(11)</sup>. Un ménage d'une zone très peu dense de l'Île-de-France (par exemple à l'extrémité Sud ou Sud-Est de la Seine-et-Marne) parcourait donc quotidiennement en moyenne 2,3 fois plus de kilomètres dans ses déplacements intra-régionaux qu'un ménage d'une zone très dense (par exemple Paris). Comme il utilisait nettement plus l'automobile, sa consommation énergétique était 3,2 fois plus élevée et ses émissions de gaz à effet de serre 4,4 fois plus.

Or, la cherté des logements en zone centrale dense ne permet pas aux ménages les moins riches de s'y installer : ils se trouvent souvent rejetés en banlieue lointaine, mal desservie par les transports en commun. Quel est l'impact de cet éloignement – et de la dépendance corrélative de l'automobile – sur leur budget ?

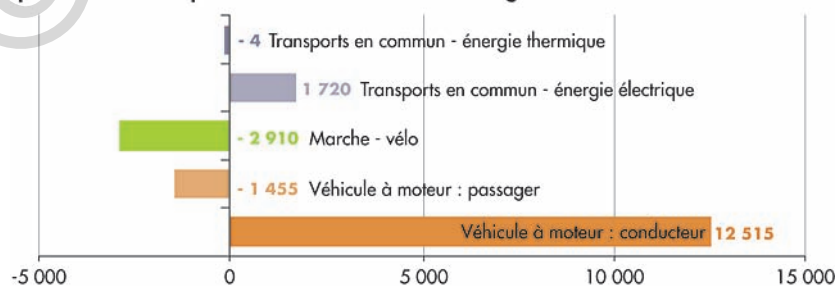
Jean-Pierre Orfeuil et Annarita Polacchini (Inrets) ont étudié pour l'année 1994 l'importance des dépenses de logement et de transports terrestres régionaux dans le budget des

ménages selon leur zone de résidence qui correspond à divers niveaux de prix immobiliers<sup>(12)</sup>. Pour des raisons pratiques, le zonage retenu (neuf zones) repose sur l'enquête de l'Observatoire des loyers de l'agglomération parisienne (Olap). La zone une est la plus chère et correspond aux arrondissements de l'Ouest parisien et quelques communes attenantes des Hauts-de-Seine. La zone neuf est la moins chère et correspond aux communes de la Seine-et-Marne éloignées du centre de l'agglomération.

Cette comparaison a été faite pour les ménages locataires du secteur privé et pour ceux accédant à la propriété<sup>(13)</sup>. Les résultats afférents aux ménages accédant à la propriété (pour les ménages locataires les résultats sont similaires).

On y découvre que le poids du poste logement dans le budget des ménages est assez peu variable selon les zones de 19 à 33 % pour les accédants à la propriété (avec une moyenne aux alentours de 26 %). En revanche le poids du poste transports varie énormément : de 7 % à 30 % (moyenne aux alentours de 15 %). Pour les ménages des communes les plus excentrées

### Répartition des voyages-kilomètres supplémentaires parcourus quotidiennement par les franciliens dans leur région entre 1991 et 2001\*



\* Dates des deux dernières enquêtes globales de transports, Dreif.

Sources : Enquêtes globales de transport (EGT) 1991 et 2001

(8) Un voyage-kilomètre représente le transport d'un voyageur sur un kilomètre.

(9) Soit 12 515 - 1 455 = 11 060.

(10) Les explications liées à ces résultats sont explicitées par Alain Meyere dans l'article «Les franciliens et l'automobile : une expertise au service du défi climatique».

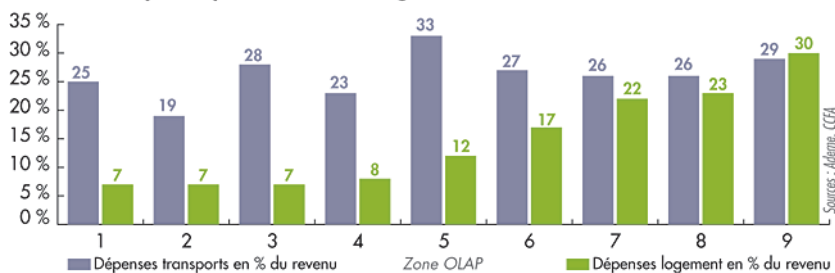
(11) Vincent Fouchier «La planification urbaine peut-elle conduire à une mobilité durable ?», revue La Jaune et la Rouge, mars 1997.

(12) Jean-Pierre Orfeuil et Annarita Polacchini «Dépenses pour le logement et pour les transports en Île-de-France», Inrets, janvier 1998.

(13) Ce sont les seules catégories pour lesquelles les données logement disponibles sont fiables.



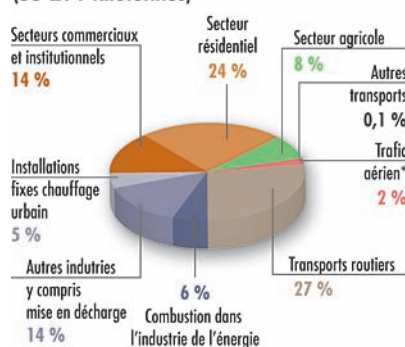
## Dépenses des ménages franciliens accédant à la propriété pour leur logement et leurs transports quotidiens intra-régionaux en 1994



Avec 27 % du total des émissions de gaz à effet de serre, les transports routiers sont les premiers émetteurs régionaux.

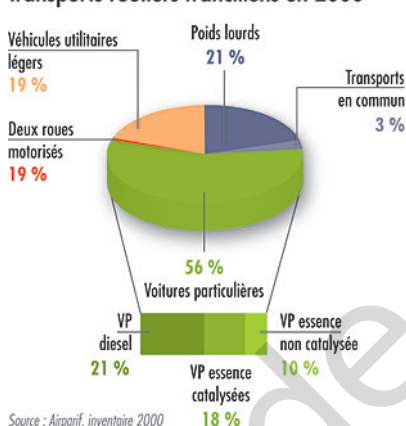
C. Dautre/BaSoH/laurif

## Les émissions de gaz à effet de serre de la région d'Île-de-France en 2000 (55 291 kilotonnes)



\*Au sein des 1 000 premiers mètres de l'atmosphère seulement.  
Source : Airparif, inventaire 2000

## Les émissions de gaz à effet de serre des transports routiers franciliens en 2000



D'après cet inventaire, les émissions régionales représentent 9 % des émissions nationales (pour 19 % de la population). Les transports routiers sont les premiers émetteurs régionaux (27 % du total), devant le secteur résidentiel (24 %), l'industrie (20 % en incluant l'industrie de l'énergie), les secteurs commerciaux et institutionnels (14 %), le secteur agricole (8 %), le secteur aérien (2 %), le chauffage urbain (5 %) puis les autres transports<sup>(16)</sup> (0,1 %).

Au sein des transports routiers franciliens, les véhicules particuliers sont les premiers contributeurs (56 %), à parité égale entre véhicules essence et diesel (28 % chacun). Mais on remarque le poids important des véhicules utilitaires (40 % : 21 % imputables aux poids lourds et 19 % aux véhicules utilitaires légers). Les transports en commun ne contribuent qu'à hauteur de 3 % (c'est d'ailleurs leur part

(zone 9), les frais de transports quotidiens infra-régionaux égalent les dépenses de logement et la somme des dépenses logement et transports quotidiens représente 59 % de leur budget : un poids lourd à porter !

## En Île-de-France, les transports routiers sont les premiers émetteurs de gaz à effet de serre : les voitures particulières devançant de peu les véhicules utilitaires



L'inventaire des émissions de gaz à effet de serre réalisé par Airparif tient compte du trafic des avions dans les neuf cents premiers mètres au-dessus du territoire francilien.

C. Dautre/BaSoH/laurif

Airparif<sup>(14)</sup> a réalisé un inventaire des émissions de gaz à effet de serre pour l'année 2000<sup>(15)</sup>.

Il tient compte du trafic aérien mais seul le trafic des avions dans les neuf cents premiers mètres au-dessus du territoire francilien est comptabilisé (de manière à n'imputer que la part émise en Île-de-France).

(14) Airparif, association type loi de 1901 à but non lucratif est, conformément à la loi sur l'air du 30 décembre 1996, l'organisme agréé par le ministère de l'environnement pour la surveillance de la qualité de l'air en Île-de-France. Ses missions répondent à une exigence réglementaire et se déclinent en quatre fonctions : surveiller la qualité de l'air, prévoir les épisodes de pollution, évaluer l'impact des mesures de réduction des émissions, informer les autorités et les citoyens.

(15) C'est le premier et seul inventaire en Île-de-France. Voir note de synthèse d'Airparif «Les gaz à effet de serre en Île-de-France : par qui sont-ils émis?».

(16) Trafic fluvial et ferroviaire.

dans les livraisons de carburants routiers en Île-de-France) et les deux-roues de 1 %.

### La technologie a un impact important sur les émissions de gaz à effet de serre mais il faut être patient même avec des incitations réglementaires et fiscales

La technologie a un impact certain comme le montre l'évolution du taux moyen d'émissions de CO<sub>2</sub> des véhicules neufs vendus en France. En dix ans (1995-2005), on constate une baisse de 10 % sur les véhicules à essence et 15 % sur les véhicules diesel, malgré la tendance à l'augmentation de la masse et de la puissance des véhicules.

Ces évolutions concernent les véhicules neufs. L'impact sur la totalité du parc est moindre à cause du lent renouvellement de celui-ci : treize ans pour la moitié du parc, vingt-quatre



Les mesures «vertueuses» recouvrent de nombreux domaines : nouvelles technologies, aménagement du territoire, politique de transport, organisation de la société, communication, incitation à des comportements vertueux, etc.

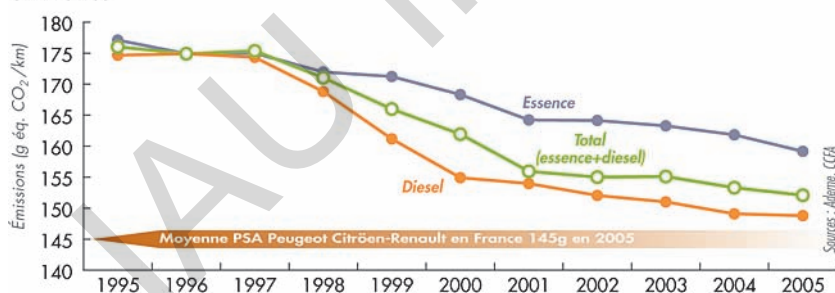
B. Raoux/Laurif

ans pour 95 %<sup>(17)</sup>. Les mesures d'accélération de ce renouvellement (nouvelle norme, contrôle technique renforcé, sortie du parc pour les véhicules de plus de quinze ans), même combinées, n'ont pas un effet majeur : raccourcissement de quatre ans pour 50 % du parc (soit un délai de neuf ans) et de sept ans pour 95 % (soit un délai de dix-sept ans).

### Il faut agir sans tarder pour s'adapter aux contraintes énergétiques futures et surtout pour respecter l'objectif national de lutte contre l'effet de serre

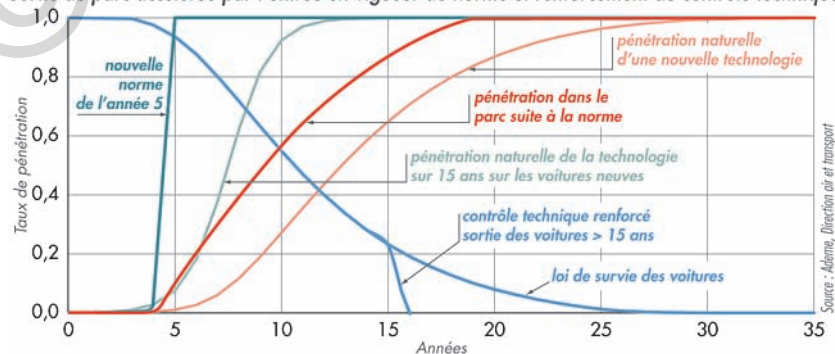
On attache beaucoup d'importance, à juste titre, aux futures contraintes énergétiques : un pétrole durablement cher, des difficultés potentielles d'approvisionnement, etc. En fait la contrainte la plus forte à prendre en considération est le réchauffement climatique, comme le montrent les études prospectives à l'horizon 2050<sup>(18)</sup>. On rappelle que la maîtrise à long terme des émissions anthropiques de gaz à effet de serre à long terme implique que les pays développés (dont la France) divisent par quatre ou cinq leurs émissions. Cet objectif a été inscrit dans la loi du 13 juillet 2005 fixant les orientations de la politique énergétique.

#### L'évolution du taux moyen d'émissions de CO<sub>2</sub> des véhicules neufs vendus en France



#### Le lent renouvellement du parc de voitures particulières

Sortie de parc accélérée par l'entrée en vigueur de norme et renforcement du contrôle technique



(17) Inrets, Ademe.

(18) Voir par exemple l'étude de Pierre Radanne réalisée pour la Mission Interministérielle de l'effet de serre «La division par quatre des émissions de dioxyde de carbone en France en 2050», juin 2004 et le rapport du groupe de travail national sur le Facteur 4 «Division par quatre des émissions de gaz à effet de serre de la France à l'horizon 2050», août 2006.

En ce qui concerne les transports, il sera très difficile à tenir en l'absence de rupture technologique majeure : à comportements inchangés, la seule technologie automobile ne permettrait qu'une division de l'ordre de deux en l'état de nos connaissances technologiques actuelles<sup>(19)</sup>.

Il est donc urgent d'agir. Pour cela, il est aujourd'hui nécessaire de renforcer les actions sur la technologie, au niveau national et même européen : recherche-développement, réglementation, incitations fiscales, etc.

Il serait également nécessaire de mener des actions sur les déplacements des franciliens et sur les facteurs qui les génèrent pour aboutir à des solutions de transports plus économes en énergie et peu émettrices de gaz à effet de serre. Les mesures concernent des objectifs à court, moyen et long terme. Elles recouvrent de nombreux domaines : aménagement du territoire, politique de transport, organisation de la société, communication, incitation à des comportements vertueux, etc.

## Références bibliographiques

- **Radanne Pierre** (2005), *Énergies de ton siècle ! Des crises à la mutation.*
- **Roby François** (2006), *Vers la voiture sans pétrole ?*
- **Comité des Constructeurs Français d'Automobiles**, *Automobile et mobilité durable, émissions de CO<sub>2</sub>* (2004) ; *Les transports routiers mobilisés* (2006) ; *Des progrès pour l'environnement, gaz carbonique et effet de serre, automobile et déplacements* (2001), Les «dossiers du CCFA» sont téléchargeables sur le site du CCFA : [www.ccfa.fr](http://www.ccfa.fr)
- **Minefi-DGEMP**
  - *L'énergie en France. Repères* (2006).
  - *L'industrie pétrolière en 2005* (2006).
  - *Division par quatre des émissions de gaz à effet de serre de la France à l'horizon 2050.* Rapport du groupe de travail Facteur 4 (2006).  
Les travaux du groupe national «Facteur 4» sont téléchargeables sur le site DGEMP : [www.industrie.gouv.fr/energie.htm](http://www.industrie.gouv.fr/energie.htm)
- **Servant Louis** (2005), *La consommation énergétique des transports franciliens*, Note rapide de l'aurif n° 400.
- **Servant Louis** (2005), *Pollution atmosphérique, effet de serre et circulation routière en Île-de-France : des améliorations notables, des efforts à poursuivre*, Note rapide de l'aurif n° 402.
- **Minefi-DGEMP** (2006), *L'énergie dans les régions*, contient des données sur l'énergie en Île-de-France (production et consommation) pour les années 1990, 1995, 1997, 1999 et 2002.
- **RATP** (2006), *Énergie et transport. Le défi de l'Île-de-France*
- **Sdrif, Groupe Spécial Transports ; laurif ; Dreif ; Stif** (2006), *Transports et énergie en Île-de-France. Rapport de synthèse*, Les versions papier de ce document est disponible sur demande auprès de l'aurif (Département Transports et Infrastructures, tél. secrétariat : 01-77-49-77-51).

(19) Estimation sommaire à partir des scénarios Radanne, groupe «Facteur 4», Conseil général des Ponts et chaussées.





## Les Franciliens et l'automobile : deux ou trois choses à savoir pour faire face au défi climatique

Alain Meyere<sup>(1)</sup>  
laurif

Avec 27 % du total, les transports terrestres sont le premier secteur d'activité à l'origine des émissions de gaz à effet de serre (GES) en Île-de-France devant le secteur résidentiel (24 %). La circulation des voitures particulières représente à elle seule plus de la moitié de ces émissions dues aux transports et elle est très largement le fait des franciliens eux-mêmes. Depuis vingt-cinq ans, la place occupée par l'automobile au sein des déplacements des franciliens s'est accrue. Ce phénomène est-il appelé à se poursuivre ? Quelles conditions faudrait-il réunir pour infléchir les évolutions du partage modal ? Tels sont les thèmes abordés par cet article qui tente de mieux cerner nos marges de manœuvres pour faire face au changement climatique.

(1) Directeur du département Transports et infrastructures.

*The residents of Île-de-France and the automobile: lessons to consider when addressing the climate change problem*

*Ground transportation produces more greenhouse gas emissions than any other sector of activity in Île-de-France, representing 27% of the total, and comes in just ahead of the residential sector (24%). More than half of transportation emissions are from private car traffic alone, and thus result directly from the actions of residents themselves. For the last 25 years, the role of the automobile in regional travel patterns has been growing. Can and will this phenomenon continue? Under what combination of conditions could these changes in modal split be slowed? This article addresses these themes and attempts to better identify our capacity to confront climate change.*

## Quelques évolutions passées, rassurantes pour l'avenir

### La motorisation

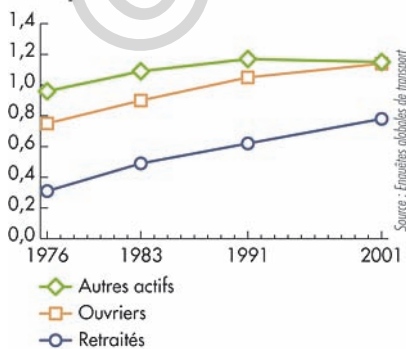
Entre 1976 et 2001, le nombre moyen de voitures par ménage a augmenté de 33 %, mais cette diffusion au sein de la population s'est fortement ralenti au cours des années 1990. Cependant, des évolutions contradictoires sont observées.

Certaines catégories de la population sont de plus en plus motorisées. C'est le cas des générations les plus âgées par le jeu du renouvellement des générations. De même, les ouvriers se signalent par une croissance de leur motorisation particulièrement élevée et qui ne se ralentit pas pour l'instant. D'autres groupes de la population voient au contraire leur taux de motorisation stagner ou même baisser : les générations les plus jeunes et certaines catégories sociales comme les cadres, les professions intermédiaires ou les employés.

### L'usage de l'automobile au quotidien

Avec 43 % des déplacements, l'automobile est le moyen de transport le plus utilisé en 2001. Sa part dans l'ensemble des déplacements n'a cessé d'augmenter depuis 1976 où elle n'était que de 32 %, mais sa croissance entre 1991 et 2001 a été plus faible qu'auparavant.

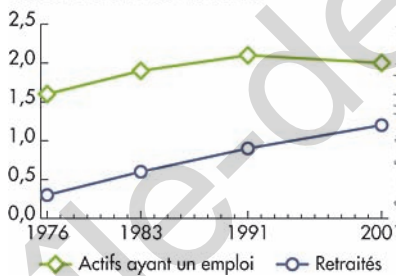
#### Évolution du nombre de voitures par ménage selon la CSP de la personne de référence



La mobilité automobile des retraités continue d'augmenter fortement.

S. Mariotte/laurif

#### Évolution de la mobilité automobile des actifs et des retraités

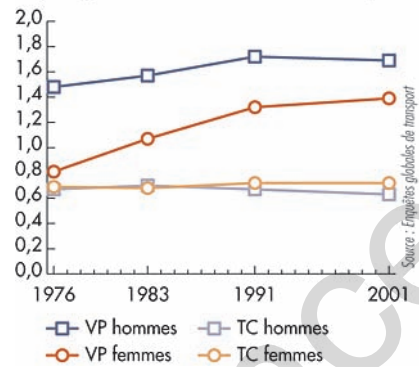


Cet infléchissement résulte de tendances opposées. Certaines catégories de la population utilisent de plus en plus la voiture alors que d'autres voient leur mobilité automobile se stabiliser, voire légèrement diminuer.

Alors que la mobilité automobile des actifs, qui s'était accrue fortement entre 1976 et 1991, a ensuite légèrement diminué, celle des retraités a continué d'augmenter fortement.

Un phénomène analogue s'observe si l'on compare de ce point de vue les hommes et les femmes. Leur usage des transports collectifs est très proche. En revanche, les hommes utilisent plus la voiture que les femmes, mais la mobilité automobile de ces dernières continue à augmenter alors que celle des hommes a tendance à baisser.

#### Nombre de déplacements par personne et par jour selon le mode de transport



On tient là quelques facteurs importants des hausses passées de la possession de l'automobile et de son utilisation :

- à mesure que le temps passe, les ménages les plus âgés sont remplacés par des ménages plus motorisés et plus utilisateurs de la voiture (ce phénomène s'observe dès cinquante ans). Même s'il est appelé à se poursuivre, ce phénomène devrait s'atténuer ;
- les femmes ont été à l'origine d'une partie importante de la croissance de l'utilisation de la voiture. Diverses études en France et dans d'autres pays européens relient ce phénomène à l'évolution du rôle social des femmes et à leur présence de plus en plus grande sur le marché du travail. On peut considérer que ce processus est pour une large part derrière nous ;



La mobilité automobile des femmes continue à augmenter alors que celle des hommes a tendance à baisser.

Valerij Zhugan/sxc.hu

- on observe enfin une sorte de «rattrapage social» de la part des catégories modestes comme en témoigne la croissance de la motorisation des ouvriers. Cependant, le ralentissement et même l'arrêt de la croissance des autres catégories nous incite à penser là encore que l'avenir sera marqué par un tassement.

Pour autant, tous les signaux ne se sont pas mis au vert et le constat est plus préoccupant lorsqu'on examine la répartition spatiale de ces phénomènes

## La géographie de l'automobile : des motifs sérieux d'inquiétude

### Le lieu de résidence et le type d'habitat

Le taux de motorisation et le niveau d'équipement sont très liés à la localisation du domicile, qui joue également sur l'ampleur des évolutions constatées par le passé. C'est en grande couronne que la proportion de ménages sans voiture est la plus faible (16 %) et qu'à l'inverse les ménages multimotorisés sont les plus fréquents (39 %). C'est aussi en grande couronne que les taux de motorisation augmentent le plus vite.

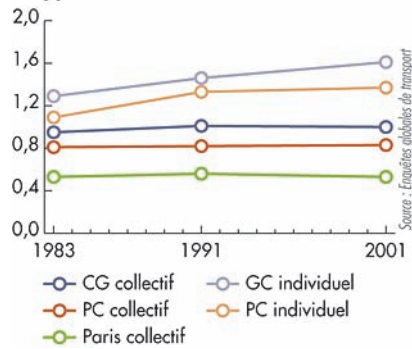
Le type d'habitat semble jouer plus encore puisque les ménages franciliens résidant en habitat individuel sont systématiquement plus motorisés



C'est en grande couronne que la proportion de ménages multimotorisés sont les plus fréquents (39 %).

J.-C. Pattaccini/Urba Images/laurif

### Nombre de voitures par ménage selon le type d'habitat et la zone de résidence



Les ménages franciliens résidant en habitat individuel sont plus motorisés que ceux résidant en habitat collectif.

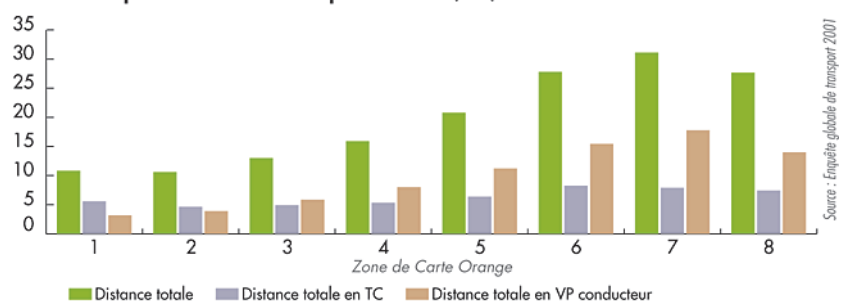
J.-C. Pattaccini/Urba Images/laurif

que ceux résidant en habitat collectif : rapport de 1,65 en petite couronne et 1,61 en grande couronne, en 2001. En outre, la croissance de la motorisation se manifeste pour l'essentiel (et exclusivement de 1991 à 2001) dans l'habitat individuel – donc en petite couronne (+ 0,3 % par an depuis 1991) et surtout en grande couronne (+ 1 % par an). À l'inverse, la motorisation s'est stabilisée partout en habitat collectif. Les distances parcourues s'accroissent à mesure que le domicile s'éloigne de Paris. Cette augmentation des distances touche tous les modes de transport et vaut à la fois pour le travail (éloignement des pôles d'emplois) et pour les motifs personnels (achats, loisirs).

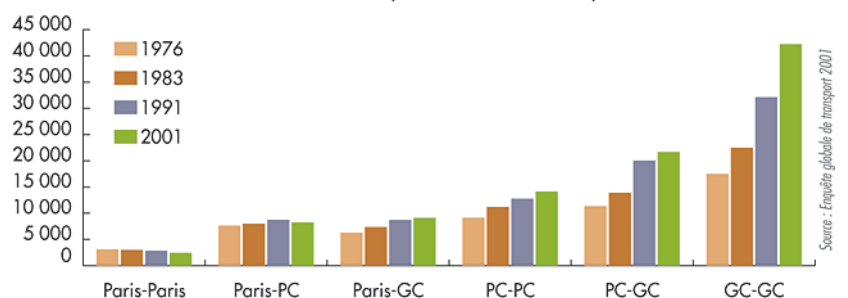
### L'enjeu de la grande couronne

En 2001, le nombre total de déplacements automobiles des Franciliens s'établissait à 15,5 millions par jour, en augmentation de 57 % par rapport à 1976. Toutefois, le trafic automobile (distances parcourues par les conducteurs) avait connu une augmentation plus forte encore durant cette période : 90 %. Ceci s'explique par l'allongement des portées moyennes des déplacements automobiles due pour une large part à l'évolution de la géographie des déplacements : le nombre des déplacements internes à la grande couronne, effectués en grande partie en automobile, a fortement augmenté.

### Distances quotidiennes totales parcourues (km) selon la zone de résidence



### 98 millions de kilomètres en voiture (Île-de-France 2001)





Alors que les déplacements internes à Paris ne représentent que 3 % du total des distances automobiles des Franciliens en Île-de-France, les déplacements qui ont au moins une extrémité en grande couronne représentent 75 % de ces distances totales (43 % pour les seuls déplacements internes à la grande couronne). Les premiers diminuent tandis que les seconds augmentent fortement (1,8 % par an entre 1991 et 2001 et 4 % par an pour les seuls déplacements internes).

## Une hégémonie de l'automobile qui se nourrit de l'évolution des modes de vie

### Une domination incontestée au delà d'un kilomètre...

Quelle que soit la longueur du déplacement, la part de l'automobile est supérieure à celle des transports collectifs. Seule la marche concurrence la voiture pour des déplacements de moins d'un kilomètre (75 % contre 22 %) mais ces déplacements très courts représentent tout de même 20 % des déplacements automobiles contre 4 % pour les déplacements en transports collectifs. Au delà, et quelle que soit la classe de distance considérée, la voiture représente toujours de 40 % à 60 % des déplacements tandis que la part des transports collectifs s'accroît à mesure que les distances s'allongent sans jamais dépasser 40 %.



Seule la marche concurrence la voiture pour des déplacements de moins d'un kilomètre (75 % contre 22 %).

Adam Kurzok/sxc.hu

### ... et pour pratiquement tous les motifs de déplacement

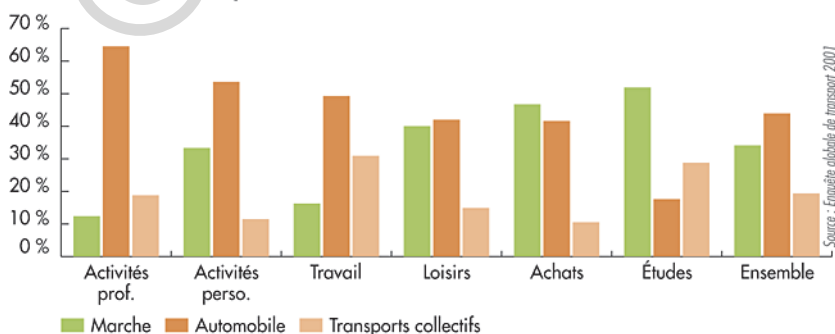
Sauf pour se rendre vers un lieu d'enseignement, la voiture est toujours préférée aux transports collectifs quel que soit le motif du déplacement, c'est à dire l'activité à destination. Pour tenter d'expliquer cette situation, observons ce qui s'est passé entre 1976 et 2001 et plus particulièrement comment ont évolué les activités de destination des déplacements. Pour faciliter l'analyse, mettons de côté les retours au domicile qui représentent toujours environ 40 % du total. On dénombre près de 2,7 millions de déplacements supplémentaires en 2001 par rapport à 1976. Sur ces 2,7 millions, 2,5 sont des déplacements pour

activités privées (achats, loisirs, démarches administratives, affaires personnelles). Le solde de 200 000 résulte d'évolutions inverses des déplacements pour activités professionnelles qui ont diminué d'environ 300 000 et de ceux pour activités scolaires qui ont progressé de plus de 500 000. Tout ceci reflète l'évolution des modes de vie : la date du premier emploi est plus tardive et on part plus tôt à la retraite ; on étudie plus longtemps quel que soit le niveau d'éducation et surtout on consacre plus de temps à ses loisirs.

Le plus frappant, c'est que l'automobile gagne sur tous les tableaux :

- pour le travail : l'accroissement de la portée moyenne de ces déplacements s'est traduite par une baisse de la marche, et la déconcentration des emplois vers la banlieue, moins bien desservie que Paris, n'a pas permis aux transports collectifs de s'y substituer ;
- pour les activités privées : le fait qu'elles se déroulent en grande partie en heures creuses, à un moment où les conditions de concurrence jouent pleinement en faveur de la voiture (moindre congestion routière et offre

### Part des modes de déplacement selon l'activité à destination





Sur les 2,7 millions de déplacements supplémentaires en 2001 par rapport à 1976, 2,5 millions sont des déplacements pour activités privées (achats, loisirs, démarches administratives, affaires personnelles).

J.-C. Pattaccini/Urba Images/laurif

de transport collectif en retrait par rapport à l'heure de pointe) ont permis à cette dernière de capter non seulement ces nouveaux déplacements mais aussi une part de ceux qui se faisaient en deux-roues ;  
- vers les lieux d'enseignement : le bilan est certes favorable pour les transports collectifs, mais on remarquera que même dans ce cas la voiture gagne des points car l'accompagnement des enfants en voiture s'est développé sur des trajets que les parents considèrent comme peu sûrs



Quel que soit le motif du déplacement, la voiture, voire les deux roues sont toujours préférés aux transports collectifs.

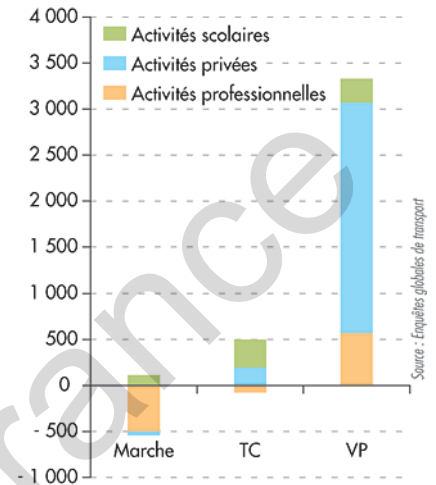
Gorby/Région Île-de-France/laurif

ou peu pratiques. Sur ces trajets, la pratique du vélo s'est effondrée entre 1976 et 2001.

### Ce que nous apprennent quelques exercices prospectifs

À l'occasion de la mise en révision du Schéma du directeur de la région Île-de-France (Sdrif), le groupe d'experts « Mobilité-Transports » réunissant des représentants de l'Institut d'aménagement et d'urbanisme de la Région d'Île-de-France (Iaurif), de la Direction régionale de l'équipement Île-de-France (Dreif) et du Syndicat des transports d'Île-de-France (Stif) a tenté d'isoler les effets de deux facteurs déterminants des comportements de mobilité : la localisation spatiale des populations et le vieillissement. Pour ce faire, il a travaillé dans les deux cas à réseaux de transports identiques à ceux d'aujourd'hui et sous l'hypothèse de comportements de mobilité inchangés selon la localisation du domicile.

### Variation du nombre de déplacements (en milliers) entre 1976 et 2001 par mode de transport et selon l'activité en Île-de-France



### Densification et compacité : des effets modestes en raison de marges de manœuvre réduites

Dans le cas d'une évolution « au fil de l'eau », où les populations nouvelles se localiseraient selon les couronnes comme s'est répartie la croissance démographique entre 1990 et 2001, une augmentation de la population de 10 % conduirait à une augmentation de 13 % du total des kilomètres automobiles. Si ces populations nouvelles se localisaient seulement dans l'agglomération dense et les villes nouvelles, l'augmentation du trafic automobile pourrait être contenue au niveau de 10 %. Cependant, si l'hypothèse de densification semble avoir des effets significatifs sur la croissance du trafic automobile, elle ne suffirait pas à l'annuler. De plus, la localisation qui en résulte serait particulièrement problématique puisqu'elle concernerait les secteurs les plus denses et les plus congestionnés de la région. L'objectif de contenir les trafics automobiles à leur niveau actuel (objectif, rappelons le, très en deçà de ceux affichés par le Plan de déplacement urbain de l'Île-de-France), s'il est facilité par

plus de densité et de compacité, serait donc indissociable d'investissements très conséquents en transports collectifs, tout particulièrement en petite couronne.

### **Vieillesse de la population : des effets plus qualitatifs que quantitatifs ?**

La pyramide des âges de la population francilienne devrait profondément évoluer d'ici 2030 et la proportion des personnes de soixante-cinq ans et plus, moins mobiles aujourd'hui que les autres, pourrait passer de 13 % à près de 20 %. Doit-on en conclure à une baisse du volume global des déplacements franciliens ?

Si l'on avait dès aujourd'hui la pyramide des âges que nous devrions avoir en 2030, sans changement des comportements de mobilité par classe d'âge et avec les localisations actuelles, on observerait une légère baisse de la mobilité quotidienne (- 2%) et des distances parcourues en automobile (- 4 %).

Si l'on se place en 2030, l'évolution de la mobilité résultera de la combinaison de deux phénomènes : le vieillissement dont on a vu qu'il pouvait se traduire par une légère baisse de la mobilité, et la croissance de la population entre 2001 et 2030 qui ne modifiera pas les éléments de mobilité individuelle mais viendra contrecarrer la réduction potentielle des kilomètres parcourus. Dans ce cas, on pourrait assister par rapport à 2001 à une augmentation des distances totales en automobile (+ 3,6 %).

Si l'on tient compte enfin de la localisation géographique des populations et de la poursuite éventuelle de la croissance de la mobilité des plus de cinquante-cinq ans, même à un rythme moindre que celui que nous avons connu, cela se traduirait par une augmentation des distances automobiles de plus de 10 %.

En d'autres termes, le vieillissement de la population ne se traduirait pas forcément par des baisses sensibles de la demande de déplacements, et l'évolution des kilomètres parcourus en automobile dépendra très largement de la localisation des populations au sein de l'espace régional et de l'évolution de la mobilité automobile des plus âgés.

### **Réussir à réduire les émissions de gaz à effet de serre des transports, à condition de ne négliger aucun levier**

Ce premier inventaire devrait nourrir la réflexion sur les politiques publiques à mettre en place, mais permet déjà de penser qu'aucun domaine d'action n'est en mesure à lui seul de nous fournir la solution permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre du transport.

#### **L'aménagement : le facteur temps**

Une agglomération plus dense et plus compacte est incontestablement bénéfique : elle réduit les distances à parcourir et elle est plus propice à des transports collectifs performants. Il faut cependant avoir présent à l'esprit qu'en raison des rythmes de croissance démographique, elle prendra plusieurs années ou même dizaines d'années



*Le changement climatique impactera nos modes de transport.*

S. Rossi/laurif

avant d'être concrétisée de manière significative sur le terrain et que ses effets soient véritablement décelables au plan de la mobilité. Ce qui signifie en clair que, s'il s'agit bien d'une orientation impérative si l'on veut faire face aux nécessités du changement climatique, il est non moins impératif de mobiliser également tous les autres moyens à notre disposition dans cette perspective, et notamment tous ceux dont les effets pourraient être tangibles à plus court terme.

#### **Les alternatives modales : l'écueil de la grande couronne**

La place des transports collectifs, déjà très importante en Île-de-France, peut sans doute s'améliorer, tout particulièrement dans la partie dense de la banlieue mais plus difficilement dans les secteurs d'habitat dispersé. Cependant, aucune des quatre enquêtes de mobilité qui se sont déroulées depuis 1976 n'a enregistré de hausse de leur part modale qui est restée stable dans l'ensemble à environ 20 %. A l'intérieur de la grande couronne 60 % des déplacements se font en voiture et plus de 30 % à pied contre 7 % en transport collectif.

Après avoir baissé régulièrement entre 1976 et 1991, l'usage de la marche s'est légèrement redressé entre 1991 et 2001 à Paris et en proche couronne, mais pas en grande couronne. Ils représentent plus de 80 % des déplacements effectués à l'intérieur d'un même arrondissement parisien, mais ils sont concurrencés par l'automobile pour les déplacements internes à une même commune de proche couronne (67 % à pied contre 27 % en voiture) et encore plus en grande couronne (53 % contre 42 %).

Tout se joue donc en grande couronne, là où c'est le plus difficile.



### L'automobile : des potentialités à considérer

On dispose de panels annuels nous permettant de suivre, année après année la composition du parc automobile des Franciliens ainsi que les consommations unitaires moyennes par type de motorisation (essence ou diesel). Il est possible, à partir de ces éléments, d'estimer un taux moyen unitaire d'émission de gaz à effet de serre. Ce taux a baissé d'environ 7 % entre 2000 et 2007 en Île-de-France. Le phénomène résulte à la fois de la diésélisation croissante du parc, des progrès techniques permettant une baisse des consommations et probablement des comportements de conduite contraints par le renforcement du contrôle des vitesses.

Ce constat met en évidence d'autres domaines d'action du côté de l'automobile : la technologie (carburants et motorisation) bien sûr, mais également les comportements qu'il faut orienter vers la sobriété lors de l'achat des véhicules comme lors de son utilisation.



*Les comportements des automobilistes franciliens doivent aussi être orientés vers la sobriété lors de l'achat des véhicules comme lors de son utilisation.*

J.-C. Pattaccini/Urba Images/laurif

## Les transports franciliens de personnes face aux enjeux énergétiques

Table ronde animée par **Véronique Lamblin**  
Directrice d'études, prospective et stratégie  
Groupe Futuribles

Pour ce débat, nous retrouvons **Jean-Raymond Fradin**, directeur des routes et des circulations douces au Conseil régional d'Île-de-France, **André Douaud**, directeur technique du Comité des constructeurs français d'automobiles (CCFA), **Jean-Marie Guidez**, expert mobilité au Centre d'études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques (Certu), **Laurent Hivert**, chercheur à l'Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité (Inrets) et **Laurence Debrincat**, responsable des études générales au Syndicat des transports d'Île-de-France (Stif).

La table ronde s'articule autour de quatre thématiques :

- les évolutions technologiques et réglementaires ;
- l'impact des coûts sur la mobilité ;
- les politiques routières et la consommation énergétique ;
- la gouvernance des transports collectifs et le transfert modal.

Diverses questions ont été abordées : Quels sont les moyens pour réduire les coûts et les émissions de gaz à effet de serre ? Comment inciter davantage de personnes à utiliser les transports collectifs ? Comment développer les transports collectifs dans les milieux peu denses ? Quelles politiques routières envisager face aux risques de crise, aussi bien en termes d'investissements que d'exploitation des réseaux ? Est-il souhaitable qu'un report de l'automobile s'opère sur les deux-roues ?



André Douaud.  
C. Galopin/Laurif

### Les évolutions technologiques

#### Essence/diesel

Au cours des dix dernières l'année, les automobilistes européens se sont orientés vers des véhicules moins gourmands et moins polluants. L'arrivée massive des moteurs diesel a permis de réduire de 20 % les émissions de CO<sub>2</sub>.

Grâce aux filtres à particules, le diesel, autrefois plus polluant que les moteurs essence, s'est sensiblement amélioré. L'enjeu pour les constructeurs est aujourd'hui de savoir si la technologie européenne des moteurs diesel peut pénétrer les marchés des pays en développement et celui des

États-Unis. Un calcul montre que si 30 % du parc automobile américain était diésélisé, le gain d'émissions serait alors de 130 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an, soit l'équivalent des émissions de la route en France.

Par contre, les moteurs essence sont techniquement très en retard. Les espoirs se portent vers de nouveaux modèles s'appuyant sur l'injection directe. Certaines marques, comme BMW, PSA ou encore Volkswagen commencent à mettre sur le marché des véhicules essence à injection directe dont le rendement pourrait se rapprocher de celui des diesels. Les surcoûts sont alors à peu près analogues aux surcoûts du diesel par rapport aux motorisations essence.

“ L'enjeu pour les constructeurs est de savoir si la technologie européenne des moteurs diesel peut pénétrer les marchés des pays en développement et celui des États-Unis ”

André DOUAUD, CCFA



Le moteur diesel, dont le développement caractérise l'automobile européenne, représente un gain de 20 % de CO<sub>2</sub> par rapport au moteur essence.

B. Raoux/laurif



Certains nouveaux types de biocarburants concurrencent l'économie alimentaire.

B. Raoux/laurif

## Masse et puissance des véhicules

En dix ans, l'augmentation de la masse et de la puissance des véhicules a annulé en partie les gains de consommation et d'émission de CO<sub>2</sub> obtenus sur la même période. La croissance de 30 % de la masse s'explique par des exigences de plus en plus importantes de sécurité et de confort. Elle est en outre indirectement corrélée au taux de recyclage exigé par la réglementation. Aujourd'hui, une voiture est recyclée à 80 % ; dans cinq ou six ans, elle le sera à 95 %. Cela entraîne des contraintes au niveau des matériaux, certains plastiques qui permettraient de réduire le poids ne pouvant pas être utilisés. Mais il semblerait que l'on atteigne maintenant une asymp-

tote sur l'augmentation de la masse des voitures.

La puissance croissante des voitures est également énergivore : les particuliers investissent dans des véhicules de plus en plus puissants et performants et certains constructeurs privilégient ce haut de gamme plus rémunérateur.

Pour pallier cet inconvénient, il faudrait convaincre l'acheteur que son véhicule n'a aucun besoin d'aller à 200 km/h. Du côté des constructeurs, il faudrait également instaurer une réglementation limitant la puissance par rapport à la masse du véhicule.

## Les biocarburants

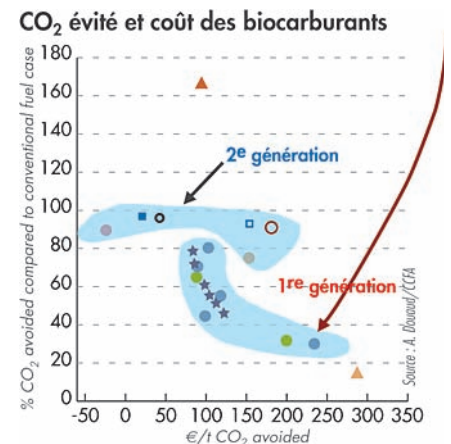
Les biocarburants de première génération soulèvent un grand nombre de critiques. Partout en France, en Europe et aux États-Unis, la recherche s'oriente vers les biocarburants de deuxième génération à partir de biomasse cellulosique dont les sources sont les cultures classiques, les forêts sous exploitées ou mal exploitées, ou les déchets d'origine végétale.

Le potentiel énergétique global de la biomasse pourrait couvrir les deux tiers des besoins des transports. On



Premier objectif, convaincre l'acheteur que son véhicule n'a aucun besoin d'aller à 200 km/h.

Kerem Özdemir Stock



Les biocarburants 1<sup>re</sup> génération (agro-carburants) proviennent de la biomasse agricole (colza, tournesol, blé, maïs, etc.).  
Les biocarburants 2<sup>e</sup> génération proviennent de la biomasse hors agriculture (sylviculture, déchets industriels et municipaux).





Une attention accrue des participants.

C. Galopin/laurif



Alain Meyere, Louis Servant et Jean-Pierre Orfeuël.

C. Galopin/laurif

peut toutefois se demander s'il vaut mieux faire de cette biomasse du carburant, ou l'utiliser pour produire de l'énergie fixe.

Si les carburants de seconde génération semblent beaucoup plus prometteurs, reste posé pour le monde agricole le problème des usines de production de biocarburants de première génération, dont la filière s'avère non performante.

## Le véhicule hybride/électrique

La technologie hybride n'aura un fort impact sur le CO<sub>2</sub> qu'avec l'hybride rechargeable, appelée *plug'in hybride* qui consiste à alimenter un véhicule hybride avec autre chose que du pétrole. Aujourd'hui, tous les véhicules hybrides utilisent une seule source d'énergie, le pétrole.

Actuellement, la densité d'énergie<sup>(1)</sup> d'un litre d'essence, de gazole ou de biocarburant est cent fois plus forte que celle de toutes les énergies alternatives, notamment les batteries ou l'hydrogène.

Le transfert vers l'électricité reste intéressant pour réduire l'émission de CO<sub>2</sub>, mais uniquement avec le mode de production de l'électricité française. L'électricité produite en Chine à partir de centrales au charbon est catastrophique pour le bilan CO<sub>2</sub>.

## Normes et construction automobile

Pour lutter efficacement contre l'émission de CO<sub>2</sub> il faut une approche massive. Aujourd'hui, la technologie européenne massivement utilisée émet deux fois moins de CO<sub>2</sub> au km que la technologie américaine. Les technologies européennes et japonaises sont actuellement les meilleures au monde. Persuader les usagers d'acheter des véhicules basse consommation est fondamental.

Le marché automobile français ou européen s'avère être un des plus vertueux de la planète en termes d'émissions

au kilomètre. Aujourd'hui, tous les points de vente doivent afficher un étiquetage de couleur, en fonction des émissions de CO<sub>2</sub> des véhicules. Depuis 2000, 20 % de ceux-ci produisent entre 100 et 120 g de CO<sub>2</sub> par km (moyenne du marché à 160 g de CO<sub>2</sub>). Ce milieu de gamme a fortement augmenté entre 2005 et 2006 alors que le marché des gros véhicules, supérieurs à 200 g est en baisse, y compris les 4X4.

Le centre d'analyses stratégiques<sup>(2)</sup> propose de mettre en place une vignette qui s'appliquerait aux véhicules au-delà de 120 g, sur la base de cent euros la tonne de CO<sub>2</sub> émis. Tous les ans, l'utilisateur paierait en fonction des émissions de CO<sub>2</sub> de son véhicule. Au niveau européen, des réflexions analogues sont menées, mais la direction générale de l'Environnement et celle de l'Industrie ne sont pas encore en phase.

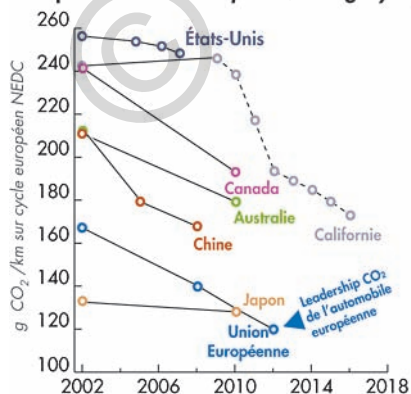
Si la commission européenne l'imposait, les constructeurs seraient plus favorables à une taxe à l'usage qu'à une taxe à la possession. Le pollueur doit payer. Mais pourquoi appliquer la taxe carbone uniquement aux usagers automobiles et non pas aux producteurs qui ne font pas l'effort de mettre sur le marché les modèles adéquats ?

Par ailleurs, diviser par deux les émissions de l'automobile ne suffit pas. Il faut réduire la mobilité automobile et développer le transport en commun. Le temps est compté, il reste quarante-quatre ans seulement pour diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre.

## Progrès techniques et transports en commun

Les émissions de CO<sub>2</sub> des voitures se réduisent sensiblement, mais les progrès des bus tardent. Ces progrès sont liés au rythme de renouvellement de la flotte or la durée de vie d'un autobus, en Île-de-France, est de douze à quinze

Évolution des émissions de CO<sub>2</sub> pour les voitures particulières (standards par région après conversion au cycle européen - New European Driving Cycle)



Source : Ref Pew Center, 2004

ans. Il est cependant possible d'optimiser l'utilisation du parc et d'équiper prioritairement de véhicules performants les lignes les plus sollicitées. 84 % des distances (voyages-kilomètres<sup>(3)</sup>) parcourues en transports collectifs le sont en modes électriques (métro, RER, tramway et trains de banlieue). Ces modes de transports s'avèrent les plus performants vis-à-vis de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre en France. Reste à préciser la manière dont on peut faire évoluer les 16 % du trafic restants vers des modes plus électriques.

Le bus à moteur thermique peut évoluer vers un bus électrique ou un trolleybus.

Le bus électrique, est aujourd'hui une technologie encore peu répandue en raison de la faible autonomie des batteries. Le trolleybus nécessite l'installation de lignes de contact aériennes pour l'alimentation électrique, et la création de site propre. Les coûts ne permettent pas d'équiper ainsi les 1 400 lignes de bus qui circulent sur 24 000 km. Il faut cependant étudier à quelles conditions il serait intéressant de passer au trolleybus sur certaines lignes.

Le tramway présente des coûts d'investissement élevés, supérieurs à ceux du trolleybus. Cependant comme en témoignent les nombreux projets approuvés par le Syndicat des transports d'Île-de-France (Stif) en 2006, il connaît aujourd'hui un fort développement en Île-de-France. Il concerne essentiellement les axes de très fort trafic, mais certains sites propres bus pourraient évoluer vers ce mode. Il s'agit d'une question de technologie mais surtout de coût. Cette question financière est essentielle pour le Stif car les transports collectifs représentent d'énormes coûts d'investissement et de fonctionnement. Sur les sept milliards dépensés annuellement en Île-de-France, un milliard est consacré à l'investissement et six au fonctionnement.

(1) La densité d'énergie est la quantité d'énergie contenue dans l'unité de volume ou de masse d'un carburant. On l'exprime en kilowatts-heures par litre (kWh/l) ou en kilowatts-heures par kilogramme (kWh/kg).

(2) Depuis le mois de mars 2006, le Centre d'analyses stratégiques a succédé à l'ancien Commissariat général du plan.

(3) Un voyage x kilomètre est une unité de mesure correspondant au déplacement d'un voyageur sur un kilomètre.

“ 84 % des distances (voyageurs-kilomètres) parcourues en transports collectifs le sont en modes électriques (métro, RER, tramway et trains de banlieue) ”

Laurence DEBRINCAT, Responsable des études générales au Stif



Laurence Debrincat.

C. Galopin/laurif



Station Pablo Picasso sur la ligne de tramway T1, Saint-Denis, Seine-Saint-Denis, 2006.

C. Douthe/BaSoH/laurif



Perspective du projet de ligne de tramway T1, Saint-Denis, Seine-Saint-Denis, 1983.

laurif

## L'impact des coûts de l'énergie sur la mobilité

Entre 1978 et le début des années 2000, la limitation des subventions aux transports collectifs urbains a conduit à augmenter les tarifs d'environ 30 %. Dans le même temps, le choc pétrolier a amené les constructeurs automobiles à élaborer des moteurs plus efficaces et à substituer aux moteurs à essence des moteurs diesel plus économes. Ainsi, entre 1985 et la fin des années 1990, la dépense en carburant au kilomètre a baissé de 30 %.

Les dernières flambées du pétrole, observées en 2000 puis en 2005-2006, n'ont annulé, que la moitié de cette économie de 30 % réalisée par les automobilistes. Comparée au kilométrage moyen parcouru, l'évolution du coût du carburant montre que les ménages s'adaptent au prix mais de manière différente à court ou à long terme.

Depuis les années 1970 on constate, à court terme, une faible élasticité de la mobilité, une hausse de 10 % des prix

du carburant à la pompe entraînant une baisse d'environ 1 % de la circulation automobile. À long terme cependant, les adaptations sont plus sensibles : le même renchérissement de 10 % des prix du carburant se traduit par une hausse de la fréquentation des transports collectifs de 1 à 2 %, et une diminution d'environ 7 % de la consommation automobile qui se répartit comme suit :

- 1 % gagné sur la croissance du parc ;
- 2 % sur le kilométrage des ménages (avec une baisse plus élevée de 4 % sur autoroute) ;
- le reste de la baisse grâce à l'orientation du choix des acheteurs et des constructeurs automobiles vers des véhicules moins gourmands.

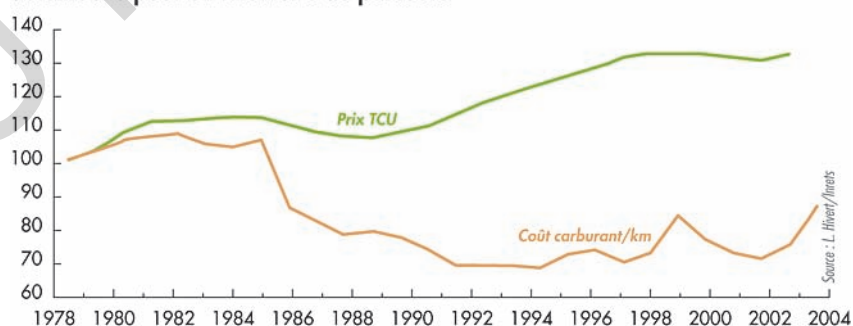
Cet effet sur les kilométrages parcourus est plus marqué à Paris et en petite couronne où il existe une offre alternative, qu'en grande couronne, et plus en grande couronne qu'en province. Au début des années 2000, la France s'est orientée vers des véhicules plus économes. L'arrivée massive des véhicules diesel a permis de rouler plus en



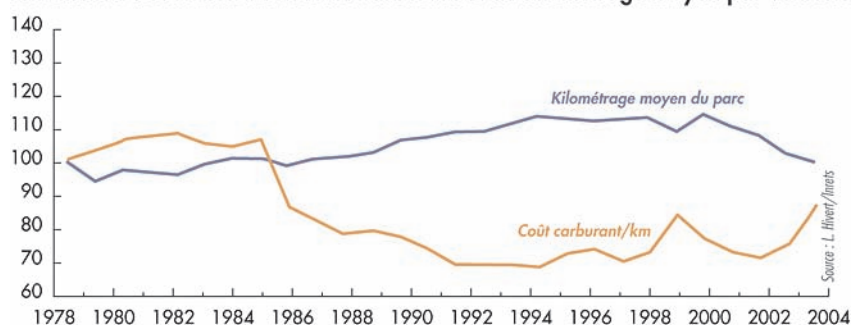
Véronique Lamblin, Jean-Raymond Fradin et André Douaud.

C. Galopin/laurif

Évolution du prix des transports en commun urbain et du prix du carburant automobile pour un kilomètre de parcours



Automobile : évolution du coût du carburant et du kilométrage moyen par véhicule







Le tram-train de la ligne des Coquetiers, en direction de Bondy, Seine-Saint-Denis.

C. Dautre/BaSoH/laurif

dépensant moins. Sur la période 1995-2000, en passant de l'essence au diesel, un conducteur augmentait de 27 % son kilométrage (soit 3 000 à 4 000 km de plus) et de 20 % son énergie consommée tout en diminuant sa dépense en carburant de 21 %.

Le diesel est toujours plus présent sur le marché, dans le parc et dans la circulation. Bien qu'en diminution, le différentiel de prix en sa faveur existe toujours. Corrélativement, le kilométrage moyen du parc diesel décroît lentement mais sûrement. Là encore, la liaison est très forte entre le prix du carburant et l'intensité d'usage.

Au cours de l'année 2000, l'essence à la pompe a augmenté de 15 % et ne chute que de 5 % l'année suivante, le gazoil subit une hausse de 21 % et ne diminue que de 6 % l'année suivante. Les réactions des ménages, face à cette hausse, ont été fortement différenciées, en fonction du revenu d'une part et de la localisation d'autre part.

Faute d'alternatives disponibles, ce sont les ménages qui habitent le plus loin des centres, qui n'ont pas pu réduire leurs kilométrages, dans un contexte de flambée des coûts du logement.

Les personnes ayant diminué leur kilométrage sont les retraités et les ménages les plus aisés dans les grandes agglomérations. De fait, face à une hausse du prix des carburants, les ménages ne sont pas tous en situation de réagir ou de s'adapter.

Il faut tenir compte de tous ces facteurs dans le recours au levier fiscal pour orienter les comportements. Depuis un certain temps, les discours ont évolué. Les politiques ont commencé à se mobiliser pour lutter contre le réchauffement climatique, et à mettre en place des mesures favorisant la diminution du transport automobile. Il est difficile de connaître les tendances très récentes, beaucoup de statistiques datant d'avant 2001. Cependant, deux enquêtes réalisées en 2006 à Lyon et à Lille fin 2003 mettent en évidence une baisse de la mobilité, tous modes confondus sans pour autant conduire à une baisse des kilométrages en raison de l'allongement des trajets.

## Politique routière et consommation énergétique

La politique régionale, en matière de routes, s'intéresse avant tout à la sécurité routière et à l'entretien des routes. Or la sécurité routière est directement liée à la vitesse. Du fait des limitations de vitesse adoptées en 2003, le nombre de tués a baissé de 30 à 40 %. Cette politique est efficace et doit être poursuivie. Elle a une seconde vertu, elle réduit la consommation de carburant. Il faut donc espérer que ces limitations de vitesse permettront aux gens de prendre conscience que la vitesse n'est pas forcément un élément de gain de temps efficace, notamment pour un déplacement de trente ou quarante-cinq minutes.

Mais, la Région n'a pas compétence pour agir sur le comportement des individus. Elle peut seulement accompagner les politiques incitant à des comportements modérés par des aménagements de voies existantes ou la création de voies nouvelles plus adaptées à la sécurité.

“ Les personnes ayant répondu le plus à l'augmentation du prix du carburant et qui ont pu diminuer leurs kilométrages sont les retraités et les ménages les plus aisés dans les grandes agglomérations ”

Laurent HIVERT, Inrets



Laurent Hivert.

C. Galopin/laurif

“ En milieu urbain, la Région essaye d'aider les maîtres d'ouvrage à aménager des réseaux qui permettent de pacifier ou d'apaiser la circulation, et par là-même de réduire les consommations ”

Jean-Raymond FRADIN, Conseil régional d'Île-de-France



Jean-Raymond Fradin.

C. Galopin/laurif



La France émet environ 130 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an dont vingt millions sont attribués aux embouteillages... qui se produisent majoritairement en Île-de-France.

Trine de Florie/sxc.hu

Le territoire régional est urbanisé sur 2 500km<sup>2</sup> où vivent dix millions d'habitants. Le reste de la région, moins dense, est très difficile à desservir par les transports collectifs.

### Quelles solutions routières en grande couronne ?

Y créer de nouvelles infrastructures s'avère souvent beaucoup plus difficile que d'aménager celles qui existent et surtout demande plus de temps. Pour que de nouvelles lignes de transport en commun voient le jour, il faut compter une dizaine d'années, et c'est encore plus long pour les routes. Certains projets connus depuis plus de cinquante ans nécessiteront encore quinze ou vingt ans pour voir le jour. Il faut donc prioritairement aménager le réseau existant. En grande couronne, ce réseau est constitué de deux infrastructures essentielles : l'A86 et la Francilienne.

L'A86, à la limite de la proche couronne, prend peu à peu le rôle que jouait le périphérique de Paris dans les années 1970, par suite du développement des transports collectifs en proche couronne et les transferts de population qui s'opèrent en région Île-

de-France. Cette infrastructure concentrera le plus d'encombres par kilomètre de voirie. Or plus de bouchons il y a, plus importante est la dépense d'énergie. Les politiques d'aménagement doivent veiller à éviter que se créent des restrictions locales, sources de bouchons. Ainsi, le tunnel de Thiais a bloqué pendant des années les deux parties de l'A86, tout simplement parce qu'il n'avait pas été prévu de passer de deux à trois voies. Cet aménagement a coûté dix millions de francs, mais aujourd'hui, ce bouchon n'existe plus. La Francilienne s'étend sur les trois quarts de la périphérie de l'Île-de-France. Des investissements s'avèrent là aussi nécessaires afin de supprimer les bouchons qui s'y créent ou d'améliorer les conditions de circulation linéaire.

### La résorption des bouchons et les déviations

La France émet environ 130 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an dont vingt millions sont attribués aux embouteillages... qui se produisent majoritairement en Île-de-France.

En matière de création d'infrastructures, se pose le problème des déviations routières. En grande couronne, les habitants disposent d'un réseau routier très dense mais les routes ne sont pas forcément adaptées au trafic qu'elles ont à écouler. C'est pourquoi il convient de réaliser des déviations, afin d'améliorer la qualité de vie et la sécurité des habitants. Le bilan des déviations montre que le trafic de transit est transféré et que seul reste en zone habitée le trafic purement local.

Aujourd'hui, la question d'utiliser les routes pour les transports collectifs est très régulièrement soulevée. Effectivement, ouvrir les autoroutes à la circulation d'autobus de longue distance, permettrait d'enlever beaucoup de véhicules-kilomètres<sup>(4)</sup>.

## Des lignes de bus express sur autoroute

L'expérience des lignes de bus créées sur l'A14 entre Mantes et La Défense s'avère concluante. Cet exemple est certes un peu caricatural parce que radial, mais des expérimentations similaires pourraient être effectuées en rocade. D'autres améliorations d'infrastructures, dont certaines sont déjà utilisées dans des pays, comme aux États-Unis où sont développés des aménagements réservés aux bus et au covoiturage, pourraient être envisagées. Des services efficaces peuvent alors être obtenus, peut-être pas d'un point de vue énergétique, mais plutôt social.

Le budget régional alloué à la politique routière a été contenu afin de contribuer à la réduction de l'effet de serre. La part d'investissement dans le réseau routier est donc relativement modeste puisque la priorité est donnée aux transports collectifs.

Le Conseil régional essaie de promouvoir les circulations douces. À titre d'exemple, les déplacements d'accompagnement des enfants à l'école ont beaucoup contribué à accroître le trafic routier ces dernières années. Aussi le Conseil régional a-t-il développé une politique de subvention pour la desserte d'établissements scolaires en créant des pédibus<sup>(5)</sup>, des vélos-bus, etc. Ceci peut produire un effet indirect, car les parents qui accompagnaient leurs enfants en voiture à l'école peuvent ainsi plus facilement utiliser les transports collectifs pour se rendre sur leur lieu de travail. D'où une économie de déplacements qui réduit à la fois les émissions de CO<sub>2</sub> et la dépendance automobile.

(4) Un véhicule-kilomètre est une unité de mesure du trafic routier correspondant au mouvement d'un véhicule routier automobile sur un kilomètre.

(5) Le pédibus est une petite «caravane» d'enfants que des adultes conduisent à pied le matin, le midi et en fin d'après-midi vers ou depuis l'école.

## Gouvernance des transports collectifs et transfert modal

La spécificité de l'Île-de-France par rapport à la province repose sur l'utilisation massive des transports collectifs pour tous les déplacements liés à Paris (à plus de 60 %). C'est une situation exceptionnelle, unique en France, due à la conjonction d'une densité urbaine très forte à Paris ainsi qu'à la densité et la qualité du réseau des transports collectifs qui dessert la capitale. Ces deux éléments doivent être réunis pour permettre cette utilisation massive.

### La forme urbaine et l'usage des transports collectifs

Les habitants des villes nouvelles utilisent plus les transports collectifs que ceux des villes situées à des distances comparables de Paris car ces villes ont été conçues en intégrant les dessertes : desserte radiale les reliant au cœur de la métropole et desserte interne efficace. Ce qui importe, en premier lieu, c'est la forme urbaine qui va conditionner la performance des transports collectifs.



*Ouvrir les autoroutes à la circulation d'autobus de longue distance pourrait permettre d'économiser beaucoup de kilomètres automobiles, comme le prouve le succès de l'expérience des lignes de bus créées sur l'A14 entre Mantes et La Défense.*

C. Doutré/BoSoH/laurif





*La politique du Syndicat des transports d'Île-de-France, présidé par le Conseil régional d'Île-de-France, cherche avant tout à développer l'équité sociale et le droit aux transports pour tous, tout en réduisant l'usage de la voiture individuelle.*

E. Bordes-Pages/laurif



*Le Conseil régional d'Île-de-France soutient le développement des bus «propres».*

B. Raoux/laurif

À titre d'exemple, 85 % des salariés de La Défense utilisent les transports collectifs pour se rendre à leur travail. C'est le seul cas en France. Ce pourcentage tombe à 22 % pour les personnes travaillant en ville nouvelle comme Évry, ville pourtant desservie par un réseau lourd de RER et qui dispose d'un très bon réseau de transports collectifs pour la desserte interne de la ville. Pour les salariés de la zone de Courtabœuf, le parc d'activités situé près des Ulis, ce pourcentage est de 15 % car cette zone n'est pas desservie par les transports collectifs lourds et les locaux d'activités y sont dispersés.

Les efforts pour développer les transports collectifs seront surtout payants dans une agglomération dense. C'est d'ailleurs l'objectif du futur Sdrif qui vise à densifier le cœur de l'agglomération francilienne ainsi que ses pôles secondaires.

Même si elle doit en tenir compte, la politique du Stif n'est pas uniquement fondée sur l'efficacité énergétique, elle cherche avant tout à développer l'équité sociale et le droit aux transports pour tous, tout en réduisant l'usage de la voiture individuelle. Le rôle social des transports collectifs conduit parfois à mettre en place des services pour des trafics faibles.

## **Le développement de l'offre de bus**

Courant 2006, le Stif a décidé de renforcer le réseau de bus en zone dense, à Paris, en petite couronne et également en grande couronne ainsi qu'aux heures creuses. Ces mesures représentent plus de cent millions d'euros supplémentaires en année pleine. Les nouvelles infrastructures seront conçues non seulement pour pallier les carences de dessertes observées actuellement, mais aussi pour favoriser la densification urbaine. Les priorités entre les différents projets devront tenir

compte de leur capacité à produire du report modal et de la densification urbaine.

Le transfert modal engendré par les projets des transports collectifs de ces dernières années reste extrêmement faible et n'atteint pas les 10 %. Sur les nouvelles lignes, environ la moitié des voyageurs faisaient le même déplacement six mois auparavant, la plupart sur d'autres lignes. 3 à 7 % empruntaient auparavant leur véhicule particulier.

Mais l'enjeu est ailleurs. Pour les 50 % restant, les personnes concernées ont soit déménagé, soit changé d'emploi ou d'habitudes... Aussi, lorsqu'il y a conjonction entre modification de mode de vie et création d'une nouvelle offre de transport collectif performante, un levier pour une utilisation accrue des transports collectifs se crée.

Compte tenu des coûts de fonctionnement du transport public, le coût du transfert modal vers des transport collectifs, par tonne de CO<sub>2</sub> évitée, pourrait se traduire ainsi : si tous les voyageurs venaient de la voiture, la tonne de carbone évitée serait équivalente à 10 000 euros. Si un tiers des passagers vient de la voiture, la tonne carbone est alors estimée à 30 000 euros. Entre 1995 et 2005, dans l'agglomération lyonnaise, le nombre de déplacements en voiture particulière a baissé de 15 %. Dans le même temps, on constate une augmentation de 25 % de la distance moyenne des déplacements. On pourrait ainsi considérer que le Plan de déplacements urbains (PDU) est une réussite puisque les objectifs visant à diminuer la part de marché de la voiture et à augmenter celle des modes alternatifs ont été atteints. Cependant certains constatent que les distances parcourues en automobile ont augmenté et que les émissions de CO<sub>2</sub> ont progressé de 10 %.

## Vers une évolution des comportements ?

À Lyon, une augmentation de l'usage du vélo, notamment grâce à l'expérience Vélo'v a aussi été constatée. Cette opération, en laquelle personne ne croyait vraiment à ses débuts, a ainsi permis de d'inciter les Lyonnais à l'utilisation des circulations douces. Vélo'v a également permis la réhabilitation de l'image des vélos dans la ville, ce qui est extrêmement important. Sur Vélo'v, 7 % des gens viennent de la voiture, ce qui est beaucoup. Aujourd'hui certaines villes dont Paris soutiennent des actions en faveur des circulations propres et «douces».

En France, pour la première fois, le nombre de kilomètres parcourus en voiture a baissé de 1,5 %. Une certaine inflexion de la mobilité voiture s'amorce donc, tendance confirmée par les enquêtes ménages et les enquêtes nationales. De même, un début de découplage entre la possession et l'usage de la voiture n'est-il pas en train de s'opérer ?

Les gens continuent d'acheter des véhicules, mais apprennent à mieux s'en servir. Les Français seraient-ils en train de commencer à faire ce qui est fait depuis longtemps à Zurich ou encore à Berne ? Ces citadins possèdent souvent plusieurs voitures, mais sont également trois fois plus nombreux dans les transports collectifs.

Cette évolution émane de trois facteurs. La hausse du prix du pétrole, l'effet des politiques de déplacement, le vieillissement. Ces trois éléments doivent être pris en compte afin que la situation s'avère acceptable pour tous. Avec les plans de déplacements tout le monde a pris conscience qu'il fallait réguler la voiture quand elle roule et quand elle stationne, sans quoi rien n'aboutirait. À Nantes, à Grenoble, à Lyon et maintenant à Paris, la voiture est à présent mieux gérée qu'auparavant. Les plans de déplacements d'en-

treprises sont également très importants et peuvent avoir de réels effets s'ils sont réalisés sérieusement.

L'adaptation au dérèglement climatique et la modification des comportements impliquent prise de conscience. Or, les politiques, tout comme les industriels, ne sont capables de s'adapter que lorsque l'opinion a déjà très fortement bougé. Dans quelques années, l'homme sera plus précisément en mesure de prendre en considération l'ampleur des conséquences du dérèglement climatique et demandera alors des modifications des politiques publiques.

Pourquoi les villes ne proposeraient-elles pas une carte multimodale ? Cette carte serait l'équivalent d'une vignette, payée annuellement, qui autoriserait tous les modes de déplacement : rouler sur toutes les autoroutes urbaines gratuitement, utiliser les transports collectifs...

Légèrement plus chère qu'une carte orange, elle organiserait une réelle intermodalité. Cela signifie que tout déplacement supplémentaire en transport collectif serait gratuit alors que tout déplacement supplémentaire en voiture resterait payant puisque l'essence et le stationnement le sont. Mais cette idée n'a pour le moment aucun succès. Aujourd'hui, le transfert modal est difficile à réaliser car les finances publiques ne permettent pas d'augmenter l'offre tant pour les transports urbains que pour les Transports express régionaux.

## Les solutions alternatives à la voiture et au transport collectif

Les systèmes intermédiaires entre voiture individuelle et transports en commun vont de la voiture partagée, au co-voiturage, en passant par le transport à la demande.

Les services à la demande sont cependant très coûteux car ils nécessitent souvent la même main-d'œuvre que



À l'image de Vélo'v à Lyon, la Mairie de Paris a lancé, le 15 juillet 2007, le nouveau système de vélos en libre-service, Vélib' afin de favoriser les déplacements non polluants.

Sophie Robichon/Mairie de Paris

“ Les plans de déplacements d'entreprises sont également très importants et peuvent avoir de réels effets s'ils sont réalisés sérieusement ”

Jean-Marie GUIDEZ, Certu



Jean-Marie Guidez.

C. Galopin/laurif



Des systèmes intermédiaires entre voitures et transports collectifs restent à explorer (voiture partagée, cartes multimodales, plans de déplacements d'entreprises...). Voiture partagée, Paris.

B. Raoux/laurif

pour un service plus large. Les services de covoiturage organisés pour des raisons sociales, en zone rurale notamment, fonctionnent plutôt bien et ne s'avèrent pas particulièrement coûteux. Il faudrait peut être essayer de faire pour la voiture ce qui a été réalisé sur les vélos, comme Vélo.v. Cependant, mettre à disposition un peu partout dans l'agglomération des automobiles, nécessiterait de gros investissements ; par ailleurs la redistribution des voitures sur les aires de stationnement n'est pas aussi aisée que celle de vélos. Aujourd'hui, l'expérience Vélo.v n'a pas encore été chiffrée.

Le covoiturage serait certainement la solution magique s'il avait du succès. D'abord parce que le parc de voitures est important, ensuite parce qu'avec le partage d'un véhicule pour un trajet, les émissions de CO<sub>2</sub> pourraient facilement être divisées par deux. Seulement, les enquêtes ménages montrent que plutôt que d'aller vers le covoiturage, notre société se dirige vers le dé-covoiturage. S'il est vrai que les systèmes de location ou de propriété partagée, comme Auto Partage, sont beaucoup plus développés à l'étran-

ger, en Suisse notamment, le nombre d'abonnés reste inférieur à 100 000, ce qui est infime face à l'ampleur des enjeux. En 1995, lors de la grève des transports, le covoiturage s'était avéré efficace, une enquête ayant montré que 40 % des automobilistes l'avaient pratiqué. Mais une fois la contrainte évanouie, le covoiturage n'a plus été à l'ordre du jour.

## Les deux-roues

En Île-de-France, l'usage des deux-roues représentait 2,1 % des déplacements totaux (y compris la marche) en 2001 dont 0,9 % pour le vélo<sup>(6)</sup>.

Pour les deux roues motorisés, la situation n'est pas du tout la même pour les motos et les scooters. Si côté moto, de nombreux progrès ont été réalisés en matière d'émissions de polluants grâce aux normes Euro, les scooters s'avèrent souvent être de gros «pollueurs» même s'ils consomment peu d'énergie. Les deux roues motorisés sont également fortement dans l'insécurité routière, notamment en Île-de-France. L'insécurité pour les deux roues motorisés est vingt fois plus importante que pour les voitures. Comparé aux autres métropoles européennes comme Londres ou Berlin, le taux d'accidents est bien plus élevé en Île-de-France. Cela tient en partie au fait que le territoire francilien inclut un secteur rural important (la Seine-et-Marne) ; sur ces axes, la circulation est plus rapide. Les deux roues sont dangereux pour leurs conducteurs, mais également pour les piétons. Les statistiques montrent que proportionnellement à la circulation, les deux roues s'avèrent beaucoup plus dangereux pour les piétons que les voitures.

En conclusion, selon leur catégorie, les deux-roues motorisés présentent des avantages du point de vue des

(6) Si on se limite aux seuls déplacements mécanisés (motorisés et vélos), les parts de marché sont respectivement de 3,1 % et 1,3 %.



Globalité d'approche et transversalité des efforts pour rendre efficace la lutte contre les gaz à effet de serre.

B. Raoux/laurif



émissions de gaz à effet de serre, mais sont source de problèmes d'insécurité, difficiles à enrayer, et de pollution.

## La gouvernance des transports

L'Île-de-France, à travers le Stif, est la seule région de France dotée d'une autorité unique pour l'agglomération sur l'ensemble des transports collectifs de voyageurs. De plus, la dernière loi de décentralisation a confié au Stif la responsabilité de l'élaboration du plan de déplacements urbains (PDU), qui n'est pas uniquement limité aux transports collectifs.

Par contre, la gestion des autres modes de transports (deux-roues, stationnement, taxis, etc.) relève de responsabilités multiples, en particulier des communes. C'est un problème auquel le Stif est quotidiennement confronté, tant dans la réalisation du PDU que dans le montage des projets d'infrastructures où il doit faire face à de nombreux maîtres d'ouvrage. La loi autorise également le Stif à être maître d'ouvrage, possibilité non utilisée aujourd'hui mais qui pourrait l'être dans les années à venir.

Pour favoriser le transfert modal, il faudrait que cette autorité puisse agir également sur d'autres modes de déplacement que les transports collectifs. Aujourd'hui, c'est au niveau des communes que cela se passe. Se pose aussi la question de la création d'autorités organisatrices de transport de proximité et de leurs relations avec le Stif.

Le Conseil économique et social régional (CESR) a engagé une étude sur les attributions du Stif. Le Groupement des autorités responsables de transports (Gart) soutient également qu'il faudrait que les autorités organisatrices aient une responsabilité sur les modes alternatifs à la voiture ou dans la maîtrise de la voiture.

## Références bibliographiques

- **Baccaini B. et coll.** (2007), *Les déplacements domicile travail amplifiés par la périurbanisation*, Insee Première n° 1129
- **Carballes S.** (2006), *Les véhicules particuliers en France*, Ademe
- **Commissariat Général du Plan** (1998), *Rapports de prospective Énergie 2020*, Paris
- **De Cico J. et alii** (1993), *Transportation on a greenhouse planet: a least cost transition scenario for the U.S.A in Transportation and global climate change*, Greene D. Ed, ACEEE, Washington D.C.
- **De Cico J. et Gordon D.** (1995), *Steering with prices: fuel and vehicle taxation as market incentives for higher fuel economy*, in *Transportation and energy*, Sperling D. Ed, ACEEE Washington D.C.
- **Darbera R.** (2007), *Voiture et effet de serre : qui faire payer ?*, Revue Transport n° 440
- **Douaud A.** (2004), *Dossier Biocarburant*, in *Autoactualité* n° 51, CCFA, Novembre 2004, Paris
- **Douaud A.** (2007), *Automobile et planète*, CCFA
- **EPA** (1991), *An assessment of potential passenger car fuel economy objectives for 2010*
- **European Commission, Ispra joint research center** (2003), *Well to wheel analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context*, en cours d'actualisation en 2007. Document utilisé : JEC WtW study version 2c, mars 2007
- **European Commission, Directorate for research** (2006), *Biofuels in the UE. A vision for 2030 and beyond*, Eur 22066
- **Ifen** (2005), *L'intérêt des biocarburants pour l'environnement*, «Quatre pages», Ifen n° 108
- **International Energy Agency** (2005), *Saving oil in a hurry*
- **IRT, CETUR STU** (1984), *Maîtriser l'espace et l'énergie*, STU Paris
- **Jancovici J.M.** (2002), *L'avenir climatique*, Le Seuil, Paris
- **Massot M.H. et Orfeuil J.P.** (1995), *Espaces de vie, espace de travail : 15 ans d'évolution*
- **Massot M.H.** (2002), *Pari 21*, Rapport Inrets n° 243
- **Massot M.H. et Korsu E.** (2004), *Mise en cohérence des bassins d'habitat et des bassins d'emploi en Île-De-France : les enjeux pour la régulation de l'usage de la voiture*, XL colloque de l'Asrdlf, Bruxelles
- **Ministère des transports, de l'équipement, du tourisme et de la mer, Cgpc** (2006), *Démarche prospective 2050*
- **Newman P., Kenworthy J.** (1989), *Cities and automobile dependence*, Gower, Aldershot, Royaume-Uni.
- **Orfeuil J.P.** (1986), *Les budgets énergie Transport : un concept, une pratique, des résultats*, RTS n° 2, Inrets
- **Orfeuil J.P.** (2000), *L'évolution de la mobilité quotidienne*, Synthèse Inrets n° 37, Inrets
- **Orfeuil J.P. et Soleyret D.** (2002), *Quelles interactions entre les marchés de la mobilité à courte et longue distance ?*, RTS n° 76, Inrets
- **Pew Center for global climate change** (2004), *Climate data: insights and observations*
- **Polacchini A. et Orfeuil J.P.** (1999), *Les dépenses de logement et de transport des ménages en Île-de-France* in *Recherche Transport Sécurité* n° 61, Inrets
- **Wenglenski S. and Orfeuil J.P.** (2004), *Differences in Accessibility to the job market according to the social status and place of residence in the Paris area Built environment* Vol 30 n° 2
- **Wbcsd** (2004), *Mobility 2030: meeting the challenge to sustainability*, Genève

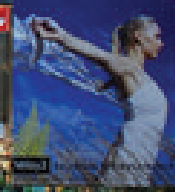
© IAU Île-de-France

© IAU Île-de-France





Le  
samedi  
14 juillet  
ouverture  
de 10h00 à 20h00



# Les activités économiques productives et consommatrices d'énergie

L'Île-de-France produit 29 % de la richesse nationale par les services (82,8 %), l'industrie (17 %) et l'agriculture (0,2 %). La première région économique française est aussi très dépendante de l'étranger et des autres régions pour son approvisionnement énergétique.

La libéralisation du marché et la hausse du coût de l'énergie, la production locale et diversifiée d'énergies, la maîtrise nécessaire de la consommation et des émissions de gaz à effet de serre auront un impact majeur sur les activités économiques franciliennes.

À quel point la crise énergétique est-elle porteuse d'innovation pour les petites et moyennes entreprises et industries (conquêtes de nouveaux marchés, mutations socio-organisationnelles, innovations technologiques) ? Comment sera composé le bouquet énergétique francilien de demain ? Entre opportunités et contraintes, quelle nouvelle dynamique pour la métropole ?



B. Roory/Aurif

# Consommation et dépendance énergétiques en Île-de-France

Marie-Laure Falque-Masset

Arene

## *Energy consumption and energy dependence in Île-de-France*

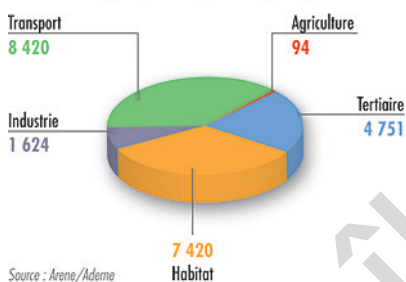
*Economic activity, housing, and transportation are highly developed in Île-de-France, and maintaining the functioning of this metropolis entails a high level of energy consumption. Ninety-five percent of the energy consumed in Île-de-France comes from foreign countries and other French regions. This strong dependence on imported energy will need to be reduced. In order to do so, it will be necessary to increase local production and reduce consumption.*

Les activités économiques, l'habitat et les transports sont très développés en Île-de-France, entraînant une consommation énergétique élevée pour assurer le fonctionnement de la métropole. L'énergie consommée en Île-de-France provient à 95 % de l'étranger et des autres régions françaises. Cette forte dépendance devra être réduite. Pour cela, augmenter la production locale et diminuer la consommation s'imposent.



L'Île-de-France consomme 22,3<sup>(1)</sup> millions de tonnes équivalent pétrole (tep) en termes d'énergie finale corrigée des variations climatiques et 37,4 millions de tep en termes d'énergie primaire<sup>(2)</sup>. Les émissions de CO<sub>2</sub> associées à cette consommation s'élèvent à environ 52 millions de tonnes. Sur la période 1990-1999, la consommation régionale d'énergie a augmenté de 5 % tandis que l'intensité énergétique (consommation d'énergie/produit intérieur brut régional) diminuait. Au total, le bilan énergétique est dominé par les produits pétroliers, bien que leur consommation ait diminué significativement (45 %). Les autres énergies sont le gaz (26 %), l'électricité (22 %) et les énergies renouvelables (5 %).

#### Bilan énergétique régional (Mtep)



L'Île-de-France consomme 22,3 Mtep qui génèrent 52 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>



La consommation du tertiaire explose, bureaux, Montigny-le-Bretonneux, Yvelines.

B. Raoux/laurif

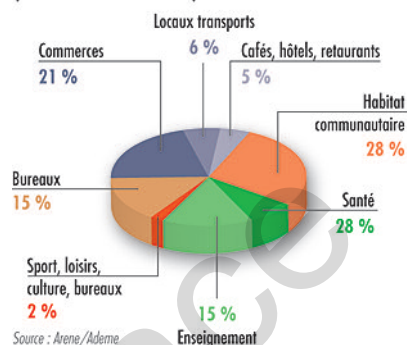
## Les activités économiques : un poste dominé par le tertiaire

Dans le bilan énergétique régional, l'activité économique est représentée par le secteur tertiaire, en croissance, et portée par la consommation des bureaux, l'industrie où réglementations des émissions et désindustrialisation ont considérablement réduit la demande énergétique et enfin l'agriculture, peu consommatrice. Dans cette grande région économique, l'habitat et les transports pèsent plus que les activités économiques (29 % du total) dans la consommation régionale.

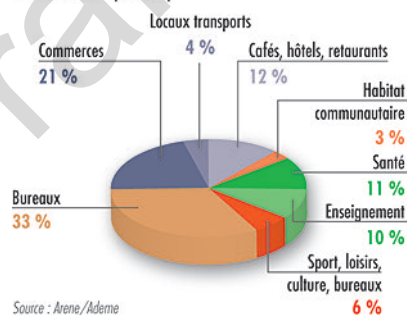
### Le tertiaire : explosion de la consommation

Le tertiaire représente 196 millions de mètres carrés de surfaces chauffées et consomme 4,75 millions de tep. Ce secteur est composé, par ordre de surfaces chauffées décroissantes, de l'habitat communautaire (prisons, casernes, foyers...), des commerces, des bureaux, des établissements d'enseignement, des établissements de santé, des équipements de sport et loisirs, et des locaux du transport. La répartition des

#### Répartition des surfaces chauffées par branche du parc tertiaire (196 millions de m<sup>2</sup>)

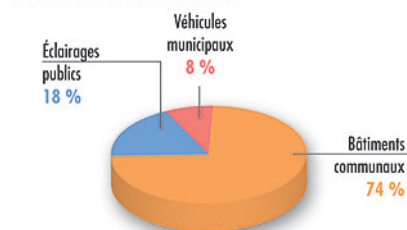


#### Consommation énergétique par branches d'activités (2002)



En 2002, la consommation énergétique du parc tertiaire atteignait 4,75 Mtep, soit une progression de 18 % par rapport à 1990 (4,05 Mtep).

#### Les grands postes de consommation, zoom sur les communes



(1) L'analyse du bilan énergétique régional se fonde sur les données du tableau de bord «Énergie en Île-de-France» de 2002 ; évolution 1990-2002 des consommations et productions d'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub> associées, Arene/Ademe - 2006. Le bilan est établi à partir des nouvelles équivalences énergétiques adoptées en 2002 par le conseil d'orientation de l'Observatoire de l'énergie.

(2) L'énergie primaire comprend la consommation d'énergie finale, les pertes de distribution et la consommation des producteurs et transformateurs d'énergie. Le bilan est établi à partir des nouvelles équivalences énergétiques adoptées en 2002 par le conseil d'orientation de l'Observatoire de l'énergie.



Incinérateur chauffant la zone d'activité de Courtabœuf (72 000 tonnes brûlées pour 39 000 Mwh d'eau chaude), Les Ulis, Essonne.

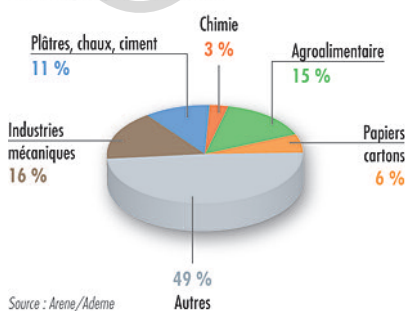
B. Raoux/laurif

surfaces ne correspond pas à la répartition de la consommation : les bureaux, de loin les plus énergivores, représentent un tiers de la consommation.

La principale énergie est l'électricité, qui représente deux millions de tep dans une région qui concentre notamment les trois quarts des sièges sociaux du pays. En outre, le nombre de mètres carrés tertiaires chauffés a augmenté de 15 % depuis 1990.

En dépit d'une réduction de l'intensité énergétique, le secteur tertiaire a explosé avec un accroissement des consommations de 18 % depuis 1990. Des mesures drastiques de gestion rationnelle de l'énergie s'imposent dans un secteur qui pourrait optimiser l'énergie utilisée.

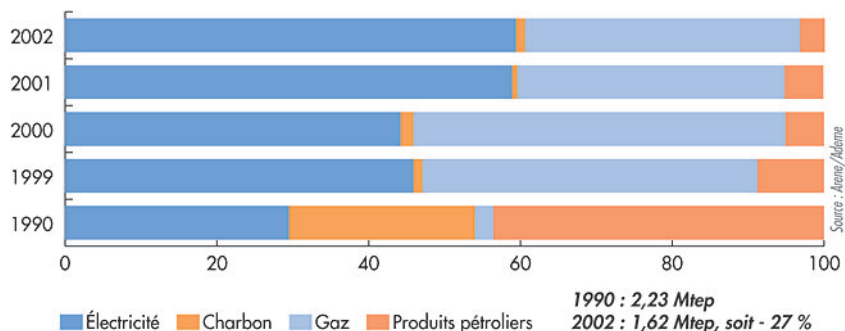
#### Le secteur de l'industrie : la consommation d'énergie par branche



#### L'industrie : une baisse majeure liée à la désindustrialisation

L'industrie représente seulement 7 % du bilan de l'Île-de-France, alors qu'elle représentait 27 % du bilan en 1990. Cette baisse significative est liée à la désindustrialisation de la région et aux gains d'efficacité énergétique. Ainsi, pour produire du verre, il faut 39 % d'énergie en moins aujourd'hui qu'en 1973. Par ailleurs, l'électricité est devenue la principale énergie en raison de l'informatisation et de l'automatisation. Les sous-secteurs les plus consommateurs sont les industries mécaniques (16 %), l'agroalimentaire (15 %), le plâtre et le ciment (11 %), le papier (6 %) et la chimie (3 %).

#### Le secteur de l'industrie : la consommation par type d'énergie (Mtep)



#### L'agriculture

L'activité agricole en Île-de-France est faiblement consommatrice d'énergie, avec seulement 100 000 tep, soit 0,5 % du bilan de la région. 69 % sont des produits pétroliers, utilisés pour les engins agricoles, et un tiers permet de chauffer les serres.

#### L'habitat : un tiers du bilan énergétique

L'habitat représente 7,42 millions de tep, soit un tiers du bilan énergétique. Le parc de logements est assez ancien : 60 % des maisons individuelles et 75 % des logements collectifs ont été construits avant 1975, c'est-à-dire avant l'instauration de toute réglementation thermique. Le gaz est la principale énergie consommée, puisqu'il représente la moitié de la consommation d'énergie. Le chauffage urbain représente la deuxième énergie de l'habitat. Le pétrole ne représente plus que 10 % de la consommation après avoir pesé pour plus du quart des consommations du secteur en 1990.

Les usages thermiques (chauffage, eau chaude sanitaire et cuisson) consomment 94 % de l'énergie en individuel et 82 % en collectif. Le reste est consommé par les usages de l'électricité spécifique (éclairage, informatique et nouvelles technologies de communication, électroménager, ascenseurs, etc.), poste en constante augmentation avec l'augmentation du confort

## Consommation énergétique dans l'habitat (2002)

	Maisons individuelles	Immeubles collectifs
Chauffage	89 %	67,5 %
Cuisson	2 %	6,0 %
Eau chaude sanitaire	3 %	8,5 %
Électricité spécifique	6 %	18,0 %
<b>Ensemble du parc</b>	<b>2,74 Mtep</b>	<b>4,68 Mtep</b>

Source : Arene/Ademe

des logements et l'informatisation des ménages. La consommation actuelle de chauffage s'élève à 350 kilowattheures par mètre carré par an (kWh/m<sup>2</sup>/an) en moyenne dans l'ancien, contre 100 kWh/m<sup>2</sup>/an dans les nouvelles constructions.

## Les transports : une évolution irrégulière

Le transport représente 40 % de l'énergie consommée en Île-de-France, soit 8,2 millions de tep. L'évolution est irrégulière, mais elle n'augmente pas en raison de l'importance du maillage des transports publics. La répartition entre les types de transport est la suivante : routier (70 %), aérien (25 %), ferroviaire (4 %) et fluvial (1 %). La consommation des avions est très importante, car les deux principaux aéroports français se trouvent en Île-de-France. Les produits pétroliers constituent 96 % de l'énergie destinée aux transports. La tendance à l'augmentation est liée essentiellement

à la croissance du trafic aérien, supérieure à l'amélioration de l'efficacité énergétique des avions. Le parc automobile a légèrement augmenté, mais la consommation unitaire a diminué en raison du progrès technique et de la baisse de la vitesse de circulation. L'évolution de la part des différents carburants reflète à la fois l'évolution générale du secteur et l'impact des mesures réglementaires nationales et communautaires.

## Une très forte dépendance énergétique de l'Île-de-France

La production régionale d'énergie ne couvre que 7 % des besoins de l'Île-de-France qui importe la quasi totalité des énergies fossiles de l'étranger à l'image de la France entière, et son électricité des autres régions. Le gaz est entièrement importé. Quatre dépôts de gaz ont été créés en Île-de-France. Le réseau de transport mesure 2 600 kilomètres et le réseau de distri-



Usine de cogénération, Thermulis, Les Ulis, Essonne.

B. Raoux/laurif

bution 24 000 kilomètres. Deux tiers des communes sont desservies.

40 % de la production française de pétrole est extraite en Île-de-France, mais cela correspond à un faible niveau. La région dispose également d'une capacité de raffinage de cinq millions de tonnes, ce qui correspond au tiers des besoins franciliens. La production électrique installée est de 4 600 millions de watt. Huit centrales thermiques (cinq au charbon, deux au fioul et une au gaz) produisent 3,7 térawattheures (TWh). L'électricité issue de la cogénération de gaz correspond à 2,4 TWh.

## Un approvisionnement énergétique stratégique

120 réseaux de chaleur sont construits en Île-de-France. 35 % de l'énergie les alimentant est locale et renouvelable, 11 % correspondant à la géothermie.

## Consommations d'énergie par secteurs et par usages (en ktep) en 1990 et en 2002

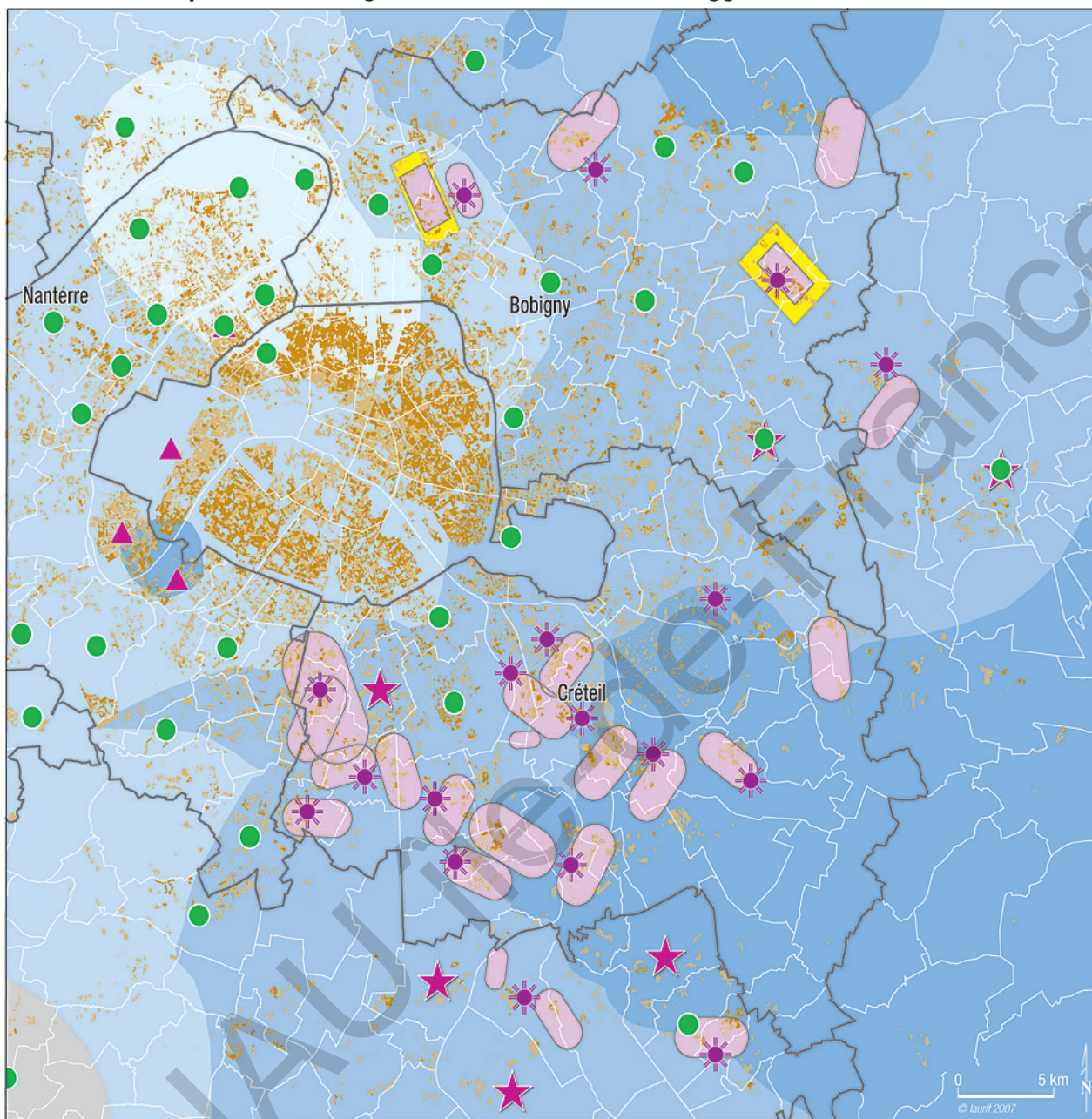
1990	PP	Gaz	CMS*	Électricité	ENR	TOTAL
Transport	8 245	101		234	0	8 580
Habitat	1 802	2 529	254	1 341	445	6 371
Tertiaire	826	1 020	530	1 558	111	4 045
Agriculture	68	15		13		96
Industrie	971	53	546	658	-	2 228
<b>TOTAL</b>	<b>11 912</b>	<b>3 718</b>	<b>1 330</b>	<b>3 804</b>	<b>556</b>	<b>21 320</b>
2002	PP	Gaz	CMS	Électricité	ENR	TOTAL
Transport	8 012	104		226	78	8 420
Habitat	1 131	3 686	201	1 647	755	7 420
Tertiaire	701	1 365	550	2 004	131	4 751
Agriculture	69	13		12		94
Industrie	53	587	20	964	-	1 624
<b>TOTAL</b>	<b>9 967</b>	<b>5 755</b>	<b>771</b>	<b>4 853</b>	<b>964</b>	<b>22 310</b>

\* CMS : combustibles minéraux solides

Source : Arene/Ademe



## Ressources et exploitation de la géothermie dans le cœur de l'agglomération



### Géothermie profonde

Exploitabilité de l'aquifère du Dogger

très favorable

favorable

défavorable

sillons marneux

### Exploitation actuelle

exploitation de l'aquifère du Dogger (géothermie profonde)

périmètre de protection

projet de forage géothermique

### Géothermie de surface

Pompe à chaleur sur aquifères (PAC)

PAC pour résidentiel / tertiaire (chauffage et climatisation)

Réseau de chaleur Eau surchauffée

réseau de géothermie

autre réseau de chaleur

### Densité de population à l'îlot\*

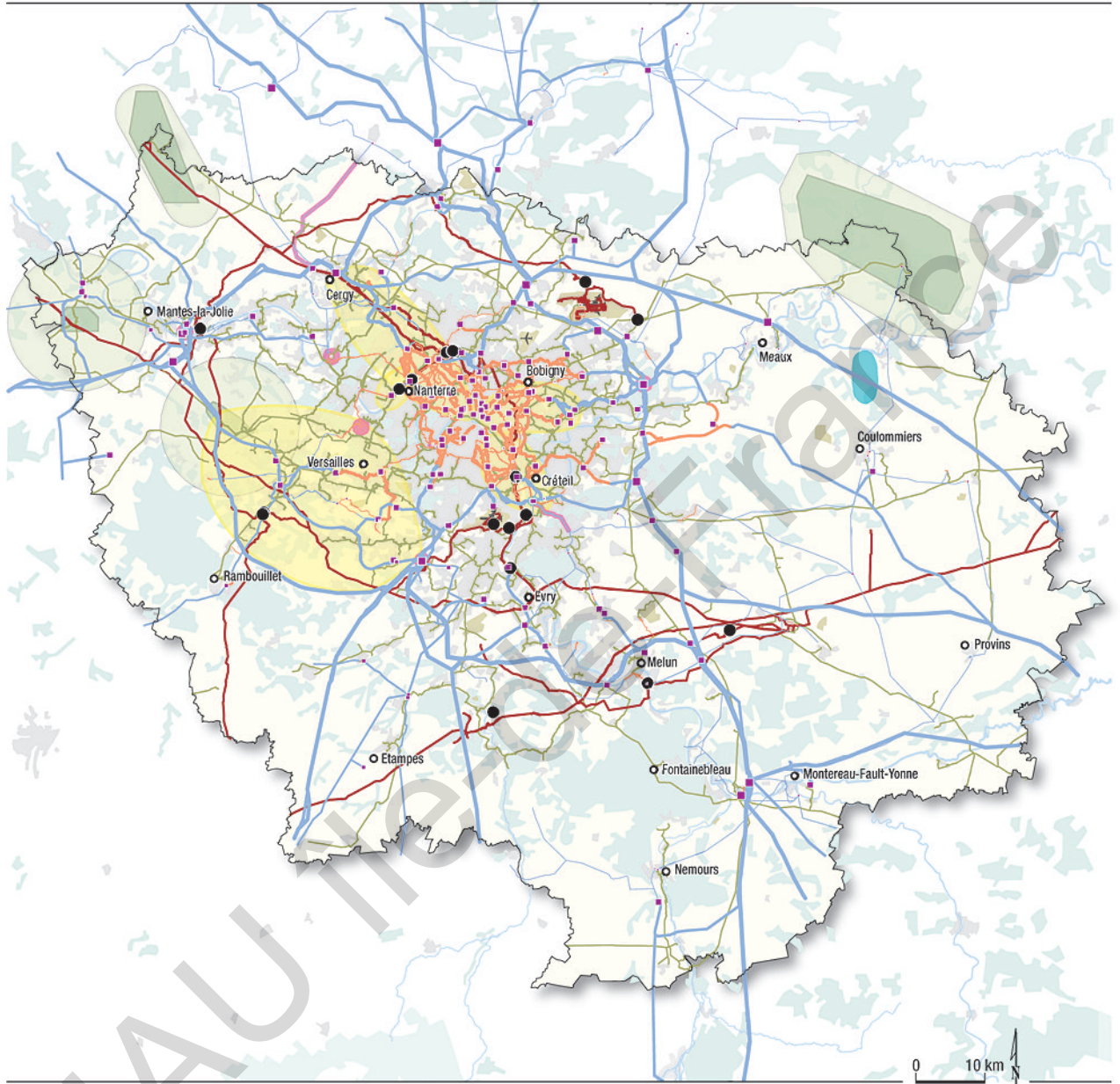
de 250 à 500 hab./ha

supérieure à 500 hab./ha

Sources : Drire-IDF, situation janvier 2006, Arene, Ademe, BRGM, \* îlot MOS 2003. Exploitation laurif.



## Un approvisionnement énergétique stratégique



### Approvisionnement en pétrole

- canalisation de transport d'hydrocarbures
- dépôt pétrolier

### Approvisionnement en gaz

- canalisation de transport de gaz
- périmètre de stockage souterrain de gaz
- périmètre de protection d'un stockage de gaz souterrain

### Zones de fragilités électriques ayant pour origine

- la sécurité de l'alimentation  
*(consommation croissante : réseau à renforcer)*
- le maintien en condition opérationnelle  
*(ouvrage vétuste à réhabiliter)*
- le raccordement client  
*(nouveau besoin pour le TGV Est)*

### Réseau de transport d'électricité Type de réseau

- aérien
- enterré

### Puissance du réseau

- 63 kV
- 90 kV
- 225 kV
- 400 kV

### Poste de transformation

- 63 kV
- 90 kV
- 225 kV
- 400 kV

0 10 km  
© Iaurif 2007

Sources :  
RTE 2006, Drire-STIIC - Situation au 31 Janvier 2006,  
Iaurif-Drire / ©GDF-DT-IDF ©Trapiel ©Total ©CPCU ©Lundin  
©Vermilion ©Geopetrol ©SFDN ©SMCA - Situation 2005



*L'activité et les emplois dans les domaines de l'efficacité énergétique, des énergies renouvelables et des mesures en continu de la qualité de l'air et des émissions industrielles devront se développer. Analyseur de radionucléides, Environnement S.A., Poissy, Yvelines.*

B. Raoux/laurif

L'Île-de-France produit les principales énergies renouvelables, mais en faible quantité. Dix-sept usines récupèrent la chaleur issue de l'incinération des ordures ménagères (quatre millions de tonnes de déchets). Quatre sites produisent du biogaz de déchets (150 000 MWh). 475 000 ménages sont équipés pour le bois-énergie et consomment deux millions de stères. Seules quinze chaufferies collectives au bois existent en Île-de-France, mais plusieurs projets sont en cours. La géothermie représente 160 000 équivalents logements. Le potentiel physique est énorme et la part de la géothermie augmentera. Le solaire thermique représente seulement 8 000 mètres carré de capteurs, soit 3 500 MWh. Le solaire photovoltaïque augmente lentement (1 800 KWh installés). Des efforts devront donc être réalisés pour réduire la dépendance de l'Île-de-France en augmentant la production locale et en diminuant la consommation, conformément aux politiques régionale, nationale et européenne. Le Livre vert sur l'efficacité énergétique récemment publié va dans ce sens en insistant sur six axes : l'achè-

vement du marché intérieur de l'énergie et la solidarité entre les États membres ; la création d'un observatoire européen de l'approvisionnement énergétique, similaire au réseau d'observation de l'énergie créé par l'Île-de-France avec les organismes concernés ; un bouquet énergétique plus durable, efficace et diversifié, qui implique un recours plus large aux énergies locales et renouvelables ; un plan d'action sur l'efficacité énergétique ; un plan pour les technologies énergétiques stratégiques à haut rendement ; une politique énergétique extérieure commune. Ces objectifs peuvent être repris au niveau régional. Cela nécessitera des capitaux et des compétences. Une des pistes à poursuivre sera le développement de l'activité et des emplois dans les domaines de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables<sup>(3)</sup>.

(3) «État des lieux des emplois et des établissements du secteur de l'énergie en Île-de-France et perspectives de développement des emplois et activités dans le domaine de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables à l'horizon de dix ans». Arene Île-de-France, Christelle Insergueix et Marie-Laure Falque-Masset, 2007.





## Politique énergétique et activités économiques

Mohammed Amjahdi  
Anne Grenier  
Ademe

**L**es gaz à effet de serre ne connaissent pas de frontière : la problématique environnementale de l'Île-de-France ne peut être traitée de manière isolée de celle de la France. Afin de mieux comprendre les enjeux et les contraintes, la situation énergétique régionale sera mise en parallèle avec la situation nationale sachant que l'Île-de-France se différencie avant tout par son urbanisation et son économie associée.

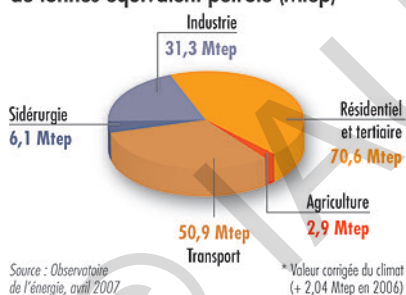
### *Energy policy and economic activity*

*Greenhouse gasses know no borders: environmental problems in Île-de-France cannot be dealt with separately from those of the rest of France. In order to better understand what is at stake and possible constraints, the energy situation in the Île-de-France region, which stands out because of its highly urban character and associated economic profile, will be compared with that of France as a whole.*

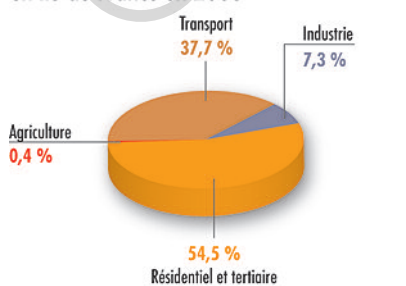
## La ville, lieu de consommation énergétique

Les secteurs les plus consommateurs d'énergies sont directement liés aux modes de vie, de travail et d'habiter (Observatoire de l'énergie, 2007). Pour l'ensemble de la France en 2006, le secteur résidentiel et tertiaire consomme 43,6 % de l'énergie finale, les transports 31,5 %, l'industrie 19,3 %, la sidérurgie 3,8 %, et l'agriculture 1,8 %. En Île-de-France, la répartition des consommations d'énergie est sensiblement la même, le secteur résidentiel et tertiaire consomme à lui seul plus de la moitié des besoins d'énergie de la région (54,5 %), suivi par le secteur des transports (37,7 %). La consommation d'énergie dans l'industrie présente une particularité régionale : très faible par rapport aux secteurs précédemment cités, elle est environ trois fois moins élevée que la consommation nationale. Ce secteur ne pèse en effet que 7,3 % des besoins d'énergie de la région.

Consommation finale d'énergie par secteur en France en 2006\* – exprimée en million de tonnes équivalent pétrole (Mtep)



Consommation finale d'énergie par secteur en Île-de-France en 2006



## Politique énergétique et défi climatique

Confrontée au défi climatique et énergétique, la France a dû réorienter sa politique énergétique.

La situation énergétique de la France dans le monde se caractérise par un taux de dépendance moyen de 50 %, portée par deux extrêmes : une dépendance pétrolière quasi totale et une indépendance en électricité, la France étant exportatrice dans ce domaine. Cette situation résulte de trente années d'application d'une politique énergétique volontariste, née du premier choc pétrolier (octobre 1973). Cette politique visait à diversifier les sources d'approvisionnement, développer la production d'électricité nucléaire et renouvelable (portée par l'hydraulique) et surtout favoriser les économies d'énergies (Leray T., de la Roncière B., 2003). Cette orientation fondée sur l'efficacité énergétique a permis de réduire fortement « l'intensité énergétique<sup>(1)</sup> » nationale. Cette dernière permet d'apprécier l'effort en matière de maîtrise de l'énergie (Observatoire de l'énergie, 2007).

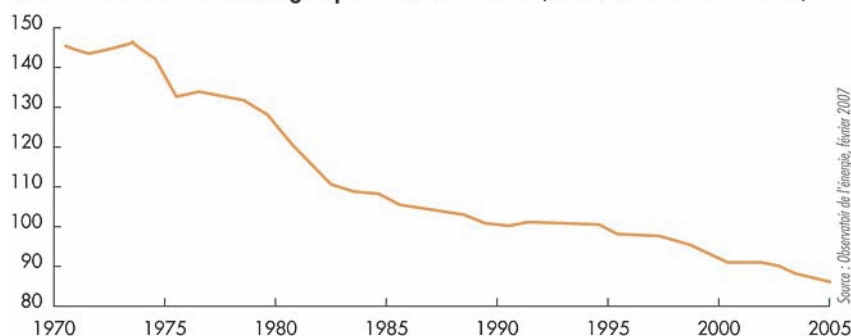
La situation de l'Île-de-France est loin du contexte national. En effet, la région importe la quasi-totalité de son énergie, le fossile de l'étranger à l'image du territoire national, et son électricité des autres régions, à plus de 93 %. L'intensité énergétique, quand à elle, suit la tendance nationale : elle a diminuée d'environ 25 % entre 1990 et

2002. Cette variation est certainement liée à des effets structurels de l'activité économique, notamment à la forte progression du secteur tertiaire, et au ralentissement voire à la mutation de l'activité industrielle. Cette diminution montre aussi que l'efficacité énergétique s'est amorcée au sein de la région. Bien que l'Île-de-France soit performante dans le domaine de l'efficacité énergétique, une bonne marge de progression demeure.

Un important potentiel d'économies d'énergie et de réduction des émissions de gaz à effet de serre existe, aussi bien dans le secteur du bâtiment que dans le secteur industriel de la région. Ces gisements d'économie d'énergie se trouvent tant au niveau du fonctionnement des installations que dans les changements de comportement humain. Le soutien à la mise en œuvre de bonnes pratiques permet d'améliorer sensiblement les performances énergétiques d'un territoire et ainsi de générer des gains et des emplois.

Dans son livre vert *Une stratégie européenne pour une énergie sûre, compétitive et durable*, daté de 2005, la Commission européenne rappelle qu'une politique active dans le domaine de l'efficacité énergétique permet de réaliser des investissements au meilleur coût pour réduire le gaspillage d'énergie, ce qui se traduit par une meilleure qualité de vie et des économies d'argent. Cette orientation conduit à une utilisation plus responsable, économique et rationnelle de

Évolution de l'intensité énergétique finale en France (indice base 100 en 1990)





*Le soutien à la mise en œuvre de bonnes pratiques permet de générer des gains énergétiques et des emplois.*

Dennis Elema-bmp

l'énergie. Bien que l'Europe soit déjà l'une des régions du monde les plus performantes dans le domaine de l'efficacité énergétique, sa marge de progression est importante. Ainsi, l'Union européenne pourrait encore réduire de 20 % sa consommation d'énergie, ce qui représenterait une économie de 60 milliards d'euros, ainsi qu'un progrès majeur pour la sécurité de l'approvisionnement énergétique et une possibilité de créer jusqu'à un million d'emplois nouveaux dans les secteurs directement concernés.

Peut-on, par analogie, espérer que la politique régionale menée en faveur des économies d'énergie et du déve-

loppement des énergies renouvelables puisse rendre plus compétitives les entreprises franciliennes, réduire l'indépendance énergétique de la région, créer de nouveaux emplois, et ainsi réduire leur empreinte environnementale ?

### Réchauffement climatique : constat des experts

Les émissions de gaz à effet de serre sont directement liées à l'activité humaine et plus particulièrement aux consommations d'énergie selon leur source. Le premier des quatre derniers rapports du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat<sup>(2)</sup> (Giec), remis à Paris en Février 2007, permet d'affirmer à 90 % que le réchauffement climatique observé au cours du xx<sup>e</sup> siècle est directement lié à l'activité humaine (Min., 2007). Les températures se sont ainsi élevées en moyenne dans le monde de 0,6 ° C et de 0,9 ° C en France. Les concentrations de gaz à effet de serre sont aujourd'hui telles que du fait de la

durée de vie des gaz dans l'atmosphère, les processus de réchauffement et d'élévation du niveau de la mer sont engagés pour plus d'un millénaire. La valeur moyenne de cette augmentation devrait être comprise entre + 1,8 et + 4 ° C par rapport à la période 1980-1999. Le deuxième rapport rendu en Avril 2007, à Bruxelles, fait état des impacts sur l'environnement naturel et humain et souligne l'urgence de mise en place de mesures visant à les limiter ou à en atténuer les conséquences. Le troisième rapport rendu en mai, à Bangkok, évalue, quant à lui, les mesures d'atténuation envisagées.

Selon ces experts, des incertitudes demeurent quant aux bornes des élévations de températures attendues, qui incitent à considérer une fourchette plus large que la valeur moyenne précédemment avancée, soit une variation comprise entre 1,1 à 6,4 ° C. La moitié de cette imprécision est imputable à la sensibilité du climat à une hausse aussi brutale des gaz à effet de serre et aux différences de manifestation de ce réchauffement. L'autre moitié dépend directement des effets des politiques et des efforts qui seront mis en place pour tendre vers un développement durable plus respectueux de notre planète (Min., 2007).

Pour lutter contre cette situation particulièrement préoccupante dans l'histoire de l'humanité, le Protocole de Kyoto, signé par 111 pays, a fixé le premier des objectifs quantifiés

(1) L'intensité énergétique est le rapport de la consommation d'énergie des secteurs finaux sur le produit intérieur brut.

(2) Créé en 1988 par le WMO (Organisation mondiale de météorologie) et le Pnuce (Programme des nations unies pour l'environnement), le Giec (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) a pour mission d'évaluer l'information scientifique, technique et socio-économique qui concerne le risque de changement climatique provoqué par l'homme. Les publications du Giec fournissent donc le consensus scientifique sur le réchauffement climatique et font mondialement autorité.



*Exemple de petit train électrosolaire, Genève, Suisse.*

S. Mariotte/louif





*Les acteurs locaux, citoyens comme élus, sont de plus en plus sensibilisés à la réduction des émissions de gaz à effet de serres, Mairie des Mureaux, Yvelines.*

B. Raoux/laurif

## Les choix stratégiques nationaux et régionaux pour atteindre le Facteur 4

Différents documents cadre ont été adoptés pour appliquer le Protocole de Kyoto et engager l'Europe et la France dans la lutte contre le réchauffement climatique et pour le développement durable. Les premiers d'entre eux sont le Plan national de lutte contre le changement climatique (PNLCC), prolongé par le Plan national d'amélioration de l'efficacité énergétique (PNAE) établi en lien avec l'ensemble des contrats de plans État/Régions. Dès 2002, des moyens ont été mis en place pour suivre l'efficacité de leur mise en œuvre.

Beaucoup plus volontariste, la Stratégie nationale de développement durable (SNDD) pose le principe du Facteur 4 à l'horizon 2050 dès son introduction en précisant que, dans un souci de développement durable et solidaire et pour limiter le réchauffement climatique à quelques degrés, il est impératif de «diviser les émissions mondiales de gaz à effet de serre par deux d'ici 2050, ce qui, en tenant compte des différences de développement, implique pour les pays industrialisés, une division par quatre ou par cinq» (CIDD, 2003). Cela revient à fixer une baisse moyenne de 3 % par an. Imposant simultanément une vision prospective et une urgence d'action, le Facteur 4 est l'enjeu majeur des politiques et des programmes d'actions nationaux pour relever le défi climatique, qu'ils soient tournés vers l'interne ou vers l'international. Il impose un changement progressif mais profond des comportements de tous les acteurs (des usagers aux décideurs) et des modes de gouvernance. La SNDD souligne l'importance de la gestion des territoires, impose la prise en compte du développement durable dans les secteurs de l'énergie, des

juridiquement, contraignant ainsi les pays signataires à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2008-2012. Ces objectifs tiennent compte des différences de développement économique et social et des efforts pouvant être durablement consentis par chacun. Si les pays européens doivent conjointement réduire leurs émissions de 8 %, compte tenu de sa situation industrielle et énergétique (une des plus «propres» au monde), la France doit, elle, veiller à la stabilisation de ses émissions au niveau de l'année de référence 1990. Elle doit alors concentrer ses efforts sur les secteurs les plus émissifs qui sont les secteurs dits «diffus» de l'habitat et du tertiaire d'une part, et des transports d'autre part. Ces priorités imposent de mobiliser des acteurs très divers, relevant de la sphère publique et de la sphère privée, des collectivités, des entreprises et des usagers. Les exigences nationales en matière de réduction de gaz à effet de serre ne peuvent aboutir que si les acteurs à l'échelon local s'emparent du problème. Le citoyen ne doit pas être écarté des décisions locales car il représente une partie de

la réponse à la complexité de la question de l'énergie dans cette situation particulière du multi-acteur. Ce dernier peut changer de statut plusieurs fois par jour en passant du simple consommateur, à l'acteur associatif voire à l'acteur politique qui prend des décisions pouvant fortement influencer sur l'avenir de la planète.



*Les cultures sous serres, un nouveau modèle de chauffage à eau chaude, Cergy, Val-d'Oise.*

B. Raoux/laurif

transports et de l'agriculture ainsi que la prévention des risques, des pollutions et autres atteintes à la santé et à l'environnement. Ses objectifs sont précisés dans le Plan climat 2004-2012, actualisé en 2006 (Mission interministérielle de l'effet de serre, 2004 et 2006). Résolument opérationnel, celui-ci souligne que sans modification profonde des comportements, les émissions françaises excèderaient en 2010 de 10 % celles de 1990. Il vise donc à mobiliser par la communication et l'information tous les citoyens, décideurs, acteurs, quels qu'ils soient, et à faire évoluer les modes de vie et de penser. Pour la première fois, dans son actualisation de 2006, il est préconisé d'anticiper déjà les conséquences d'un réchauffement climatique, notamment en terme de confort d'été, ce qui devrait faire l'objet d'un plan d'actions spécifiques.

Le Plan climat 2004-2012 regroupe l'ensemble des politiques et mesures internes qui doivent permettre à la France de respecter ses engagements internationaux. La directive européenne 2003/87/Ce du 13 octobre 2003 sur les échanges de quotas d'émission de gaz à effet de serre établit un système d'échange de quotas d'émission au sein de l'Union européenne. À partir de 2005, il s'applique aux industries intensives en énergie (installations de combustion ayant une puissance calorifique supérieure à 20 MW, industries des métaux ferreux, du ciment, du verre, de la céramique et du papier). La France a déposé son plan national d'affectation des quotas (PNAQ1 période 2005-2007) en octobre 2004 pour un montant annuel de plus de 156 MtCO<sub>2</sub> par an, concernant plus de 1 100 installations. Le PNAQ2, pour la période 2008-2012, a été notifié à la Commission européenne en décembre 2006. Ce plan prévoit une réduction de 14,5 % des quotas par rapport au PNAQ1.

## Géothermie\* : un chantier pour l'Île-de-France

Le chantier du développement de la production de la géothermie est primordial. La filière est devenue suffisamment efficace sur le plan énergétique et économique et l'Île-de-France bénéficie de plusieurs nappes exploitables et d'une longue expérience. Il est maintenant possible de chauffer aussi bien une maison individuelle (pompe à chaleur, puits provençal) qu'un immeuble ou un quartier (réseaux de chaleur). La Maison de la Radio est chauffée, par exemple, avec une pompe à chaleur géothermique. Les principaux projets actuels sont assez imposants et vise à recueillir la chaleur située à 2 000 ou 3 000 mètres sous terre et à l'utiliser directement. Il n'est pas possible de produire de l'électricité géothermique en métropole, car les températures sont trop faibles.

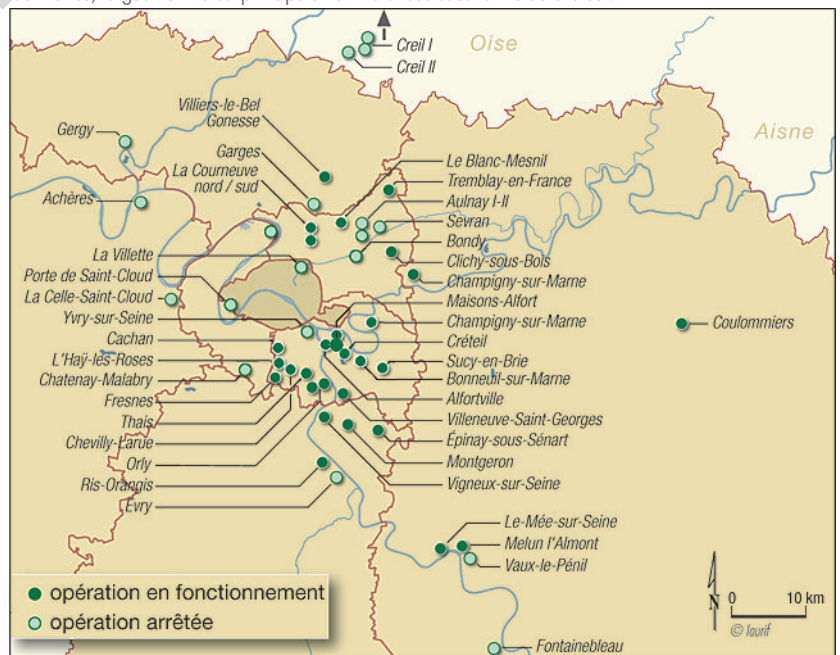
L'utilisation de géostructures – insertion de sondes dans les fondations des bâtiments afin de profiter de leur chaleur – devrait se développer. Il est aussi possible de planter des champs de sondes. Il existe également des solutions thermoactives qui permettent de disposer d'une énergie constante dans l'année. Au total, cinquante-cinq opérations de géothermie ont été réalisées depuis 1986. vingt-neuf réseaux de chaleur sont en fonctionnement.



Géothermie verticale dans du calcaire poreux de bord de Seine, Champagne-sur-Seine, Seine-et-Marne.

B. Raoux/laurif

\* La géothermie, c'est-à-dire l'exploitation de la chaleur du sous-sol, se caractérise par sa grande diversité : diversité des ressources géothermales exploitables, des applications, des techniques utilisées, des tailles d'opérations. L'énergie géothermale est à l'origine de la production de chaleur, comme l'électricité. En Île-de-France, la géothermie est principalement valorisée sous forme de chaleur.





## 146 établissements en Île-de-France sont concernés par le Plan national d'affectation des quotas

Le premier Plan national d'affectation des quotas (PNAQ) qui fixe le volume des quotas de CO<sub>2</sub> attribué à chaque installation pour la période 2005-2007 a été approuvé le 25 février 2005. Il concerne 85 établissements en grande couronne et 61 établissements à Paris et en petite couronne. Le secteur de l'énergie y est le plus représenté avec un total de 90 établissements qui représentent 79 % du volume total d'allocations de quotas de CO<sub>2</sub> en Île-de-France. Les installations de chauffage urbain en prennent la plus grande part – plus de la

moitié – devant les centrales électriques d'EDF et la raffinerie Total France de GrandPuits, seule raffinerie en Île-de-France. Si le PNAQ donne des indications intéressantes, il ne suffit pas pour quantifier les émissions de CO<sub>2</sub> de l'ensemble du secteur industriel : seuls les sites industriels d'une puissance supérieure à 20 mégawatts thermiques sont concernés et il s'agit de quotas d'allocation de CO<sub>2</sub>, non pas de données directes d'émission de CO<sub>2</sub>.

Erwan Cordeau - Iaurif

### Établissements concernés en Île-de-France par le PNAQ – période 2005-2007, secteurs de la production d'énergie et des procédés industriels

Secteur	Établissements concernés en Île-de-France par le PNAQ	Allocation annuelle (tCO <sub>2</sub> ) pour 2005-2007	% allocation / allocation du secteur	% allocation / allocation Île-de-France
<b>Production d'énergie</b>				
Chauffage urbain	78	4 182 995	54,7	43
Électricité	5	2 574 337	33,7	27
Raffinage	1	818 404	10,7	9
Transport de gaz	6	71 013	0,9	1
<b>Total du secteur</b>	<b>90</b>	<b>7 646 749</b>	<b>100,0</b>	<b>79</b>
<b>Procédé industriels</b>				
Combustion autres (automobiles...)	28	630 826	31,5	7
Combustion externalisée	3	156 409	7,8	2
Ciment	1	310 036	15,5	3
Acier	3	218 831	10,9	2
Verre	4	173 720	8,7	2
Tuiles et briques	3	34 208	1,7	0
Papier	4	172 117	8,6	2
Combustion Agro-alimentaire	6	156 399	7,8	2
Combustion Chimie	4	147 327	7,4	2
<b>Total du secteur</b>	<b>56</b>	<b>1 999 873</b>	<b>100,0</b>	<b>21</b>
<b>Total Industrie</b>	<b>146</b>	<b>9 646 622</b>	-	<b>100</b>

Source : Iaurif - PNAQ 2005 (Erwan Cordeau)

### Répartition des émissions territoriales des trois principaux gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) exprimées en équivalent CO<sub>2</sub> en Île-de-France en 2000

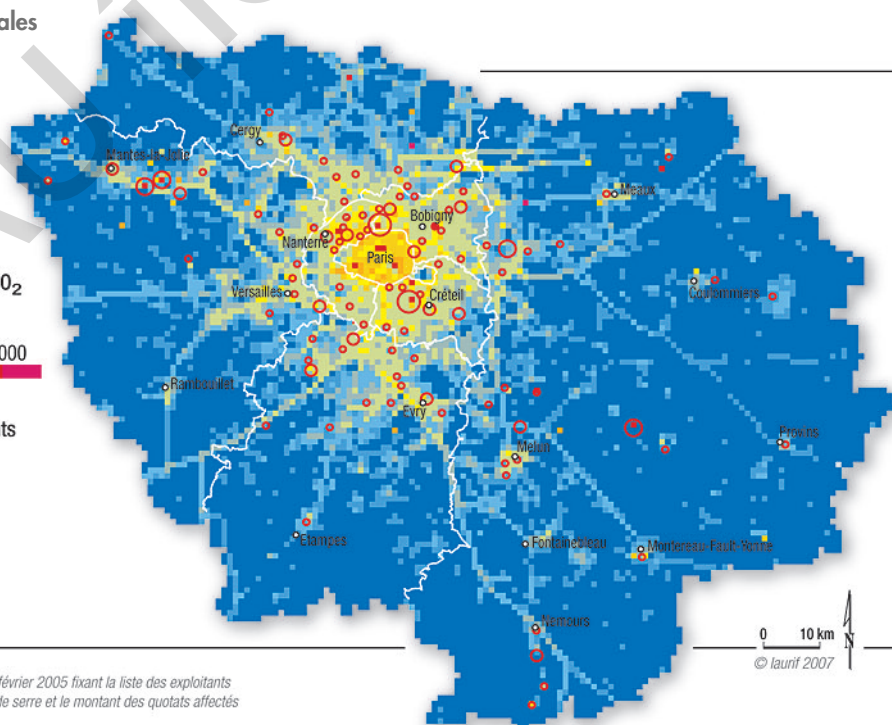
### Répartition des émissions territoriales des trois principaux «gaz à effet de serre» (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) exprimées en équivalent CO<sub>2</sub>



### Quotas de CO<sub>2</sub> attribués aux établissements

Cumulés par commune en tonne CO<sub>2</sub>/an

- 18 - 60 000
- 60 000 - 300 000
- 300 000 - 1 200 000
- plus de 1 200 000



Sources : Émission des GES, situation 2000, © Airparif, Plan national d'affectation des quotas de CO<sub>2</sub> : arrêté du 25 février 2005 fixant la liste des exploitants auxquels sont affectés des quotas d'émission de gaz à effet de serre et le montant des quotas affectés



Les projets domestiques, nouveau dispositif économique, viennent renforcer le PNAQ en matière de réduction de gaz à effet de serre. En vigueur depuis début 2007, ils concernent les acteurs non couverts par le PNAQ dans les secteurs du bâtiment, du transport, de l'agriculture, de l'industrie et du traitement des déchets.

Le Facteur 4 et le défi climatique sont également inscrits dans la Loi de programmation fixant les objectifs de la politique énergétique, dite loi POPE n° 2005-781 du 13 juillet 2005. Celle-ci retient quatre enjeux fondamentaux :

- contribuer à l'indépendance énergétique nationale et garantir la sécurité d'approvisionnement ;
- assurer un prix compétitif de l'énergie ;
- préserver la santé humaine et l'environnement, en particulier en luttant contre l'effet de serre ;
- garantir la cohésion sociale et territoriale en assurant l'accès de tous à l'énergie.

Mieux, la loi POPE fixe trois objectifs quantifiés :

- maîtriser les consommations et réduire l'intensité énergétique de 2 % par an d'ici 2015 puis de 2,5 % jusqu'en 2030 ;
- satisfaire 10 % de nos besoins à partir de sources renouvelables et notamment porter la production intérieure d'électricité d'origine renouvelable à 21 % à l'horizon 2010 ;
- augmenter la production de chaleur renouvelable de 50 %, et diminuer les émissions de gaz à effet de serre de 3 % par an dans la perspective du Facteur 4 à l'horizon 2050.

Le rapport du groupe de travail «Division par quatre des émissions de gaz à effet de serre de la France à l'horizon 2050» sous la présidence de Christian de Boissieu, dit «groupe Facteur 4», rendu en août 2006<sup>(3)</sup>,

insiste sur la nécessité d'engager des actions, dès aujourd'hui, sans parier sur des innovations technologiques miraculeuses qui arriveraient trop tard car les gaz émis dans l'atmosphère s'accumulent régulièrement et connaissent une inertie séculaire (de Boissieu, 2006). Les efforts les plus importants sont donc à engager au plus vite. Les experts du Giec précisent que, pour que les concentrations de 2050 égalent celles de 1990, il est indispensable que les émissions connaissent leurs pics avant 2020 et que les courbes s'infléchissent clairement à cet horizon. Ce jalon sur le chemin du Facteur 4 est repris dans la décision du Conseil de l'Union européenne qui retient comme objectifs une réduction de trois fois 20 % d'ici 2020 : 20 % de réduction des émissions de gaz à effet de serre par rapport à l'année de référence, 20 % de gain en efficacité énergétique par rapport à la situation courante, et une couverture obligatoire de 20 % des consommations primaires par les énergies renouvelables. Ces objectifs sont très ambitieux. Ils nécessitent un investissement soutenu dans un temps long, mais surtout d'être entrepris dès aujourd'hui. Le défi climatique nous place dorénavant à l'aube de 2050.

(3) Le groupe de travail «Division par quatre des émissions de gaz à effet de serre de la France à l'horizon 2050», dit groupe Facteur 4 a été créé à l'initiative du ministère de l'Industrie et du ministère de l'Écologie et du Développement Durable, lors du séminaire du gouvernement sur le développement durable, le 23 mars 2005. Pluridisciplinaire, il regroupe une quarantaine d'experts de haut niveau chargés d'identifier les trajectoires nécessaires pour atteindre l'objectif du Facteur 4. Les secteurs de l'énergie (production et utilisation), de l'agriculture, de l'habitat et des transports, tous étroitement liés à l'organisation sociale et aux modes de vies actuels sont placés au centre de la problématique.



Réunion du Groupe d'experts intergouvernemental (Giec ou IPCC en Anglais) sur l'évolution du climat à Paris.

L. Mignaux/Medad



La loi POPE vise à augmenter la production d'énergie renouvelable. Parcmètre solaire, Versailles, Yvelines.

B. Raoux/laurif

## Innovation : réduire les émissions de GES et gagner des parts de marchés

### Quelle énergie !

Toutes les crises ont des conséquences positives. S'adapter et lutter contre le changement climatique stimulent l'innovation technique et économique. Programmes de recherche, articles de presse, ouvrages spécialisés font état de nouvelles pratiques et de technologies et produits innovants pour réduire la consommation d'énergie.

### S'organiser autrement

Pour certaines entreprises, notamment tertiaires, il s'agit d'adopter de nouvelles formes d'organisation qui permettent de réduire pour leurs clients et elles même les dépenses énergétiques. Plusieurs pistes sont explorables :

- réduire la consommation d'énergie, de produits, de matériaux, favoriser le réparable plutôt que le jetable, limiter les emballages, pratiquer l'éco-communication, l'éco éclairage, ... ;
- utiliser des matériaux performants ;
- limiter la mobilité des salariés en réduisant notamment les voyages en avion par l'usage du téléphone, d'internet, de visioconférences (exemple de Total). Le télétravail peut-être une solution à condition qu'il ne se traduise pas par un éloignement du domicile ;
- les flux de marchandises : utiliser des véhicules propres, limiter les flux tendus ;
- proposer des services au lieu des produits (économie de la fonctionnalité) ;

- adopter une gestion performante des flux inter-entreprises (écologie industrielle).

### Développer des technologies innovantes

En parallèle de ces changements de mode de production qui intègrent le cycle de vie des produits, des innovations technologiques seront nécessaires. Le rapport «Technologies clés 2010», liste 83 technologies dont certaines sont déjà présentes sur le marché.

La plupart sont directement liées au secteur de l'énergie et l'environnement, domaine pour lequel les auteurs dégagent deux tendances principales :

- le développement des capteurs dû à une importance croissante de la métrologie environnementale (outils de mesure et d'analyse de tous les milieux, air, sols, énergie) ;
  - le recours à des applications dérivées de biotechnologies (valorisation de la biomasse, traitements des déchets fermentescibles, biocapteurs, traitement biologique des effluents).
- D'autres technologies ayant un impact sur la consommation d'énergie sont rattachées au secteur du bâtiment, des transports, des déchets. Le tableau, établi d'après le rapport «Technologies clés 2010», propose une synthèse des principales technologies attendues.

Pascale Leroi - Iaurif

### Technologies et énergie

Secteur	Technologie	Degré de développement	Degré de diffusion	Commentaires
Bâtiment	Matériaux composites pour la construction à base de matériaux recyclés et de biomasse	Émergence	Naissance	1 m <sup>3</sup> de bois mis en œuvre fixe 1 tonne de CO <sub>2</sub> et fait économiser au moins 3 000 kwh utiles par rapport aux matériaux concurrents
	Technologies d'intégration des ENR dans le bâtiment	Croissance	Naissance	Approche systémique du bâtiment notamment de son fonctionnement énergétique
Énergie	Système photovoltaïques avec stockage intégré	Croissance	Diffusion	Développer les ressources locales contribue à la sécurité d'approvisionnement
	Systèmes éoliens avec stockage intégré	Maturité	Diffusion	Le secteur éolien est devenu très concurrentiel
	Carburants de synthèse issus de la biomasse	Maturité	Diffusion	Le développement des biocarburants nécessite des arbitrages entre cultures alimentaires et non alimentaires, agriculture et forêts
	Réacteurs nucléaires de la 3 <sup>e</sup> génération	Maturité	Diffusion	Enjeu : acceptabilité sociale des filières nucléaires, notamment pour les déchets
	Valorisation et distribution de la chaleur à basse température par pompe à chaleur	Maturité	Diffusion	Développement à prévoir dans la construction neuve du tertiaire et résidentiel collectif
Déchets	Composants et système d'éclairage à rendement amélioré	Émergence	Naissance	L'éclairage est un poste majeur dans la facture énergétique
	Capture et stockage géologique du CO <sub>2</sub> avec nouvelle conception de centrale à charbon	Émergence	Naissance	Nombreux programmes européens de recherche
	Contrôle-commande des réseaux et de la puissance («réseaux électriques intelligents»)	Croissance	Généralisation	Intégration des productions décentralisées dans le réseau d'alimentation générale
Déchets	Automatisation du tri des déchets	Émergence	Naissance	L'automatisation dans les centres de tri peut contribuer à valoriser des métiers peu qualifiés et pénibles
	Accélération de la dégradation des déchets fermentescibles et valorisation énergétique	Croissance	Naissance	Mieux maîtriser la production de biogaz dont la valorisation énergétique

Source : Iaurif d'après «Technologies clés 2010»

### Technologies et énergie (suite)

Secteur	Technologie	Degré de développement	Degré de diffusion	Commentaires
Recyclage	Recyclage des matériaux spécifiques	Maturité	Diffusion	Permet de faire face à la pénurie/dépendance sur certains marchés. Le recyclage peut s'accompagner d'une baisse de la consommation énergétique
Transports	Architecture électrique des véhicules	Croissance	Diffusion	Participe à l'efficacité énergétique des véhicules et contribue à réduire les gaz à effet de serre. Pôle de compétitivité systématic-IdF
	Gestion de l'énergie à bord des véhicules	Émergence	Naissance	Valoriser une partie de l'énergie perdue. Pôle de compétitivité Vestapolis IdF
	Gestion des flux de véhicules	Croissance	Naissance	S'applique à tous les modes de transports. Pôle de compétitivité systématic-IdF
Technologies et méthodes de production	Capteurs intelligents et traitement du signal	Croissance	Diffusion	Système intégré qui réalise une mesure et la convertit pour qu'elle soit utilisable par un système de niveau supérieur ou un opérateur humain
	Assemblage multimatériaux	Croissance	Diffusion	Allègement des structures contribue à limiter les consommations énergétiques des moyens de transports
	Procédés de mise en forme de matériaux innovants	Émergence	Diffusion	Un des enjeux environnementaux : procédés qui consomment moins d'énergie, d'eau ou qui génèrent moins de déchets

laurif d'après «Technologies clés 2010»

### Références bibliographiques

- **Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie** (2006), *Technologies clés 2010*, éditions de l'Industrie
- **Orée** (2006), *Performances environnementales des pratiques de transports et de logistique* association
- **Lamblin Véronique** (2006), *Pistes (Les) socio-organisationnelles pour diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre en France à l'horizon 2050*, Association internationale Futuribles, Paris
- **Ademe** (2005), *Éco-communication. Vers une communication plus éco-responsable*, Paris
- **Cyril Adoue** (2005), *Des systèmes de production en mutation, les outils de l'écologie industrielle*, Cahiers de l'aurif n° 147
- **Omniscience** (2005), *Technologies du futur, enjeux de société*
- **Usine Nouvelle - Le Moniteur**





B. Roovy/Aurif

## Des systèmes de production en mutation, les outils de l'écologie industrielle

**Cyril Adoue**  
Systèmes Durables

### *Changing systems of production: the tools of Industrial Ecology*

*Industrial ecology offers a new perspective on the interactions between contemporary industrial society (production, distribution, services, and agriculture) and the biosphere. One of its most serious challenges is assuring a successful transition toward a growth economy that consumes less resources and produces less waste products. New practices such as the introduction of diagnostics are already being put into practice, demonstrating innovative solutions that encourage the reduction of energy consumption and greenhouse gas emissions.*

L'écologie industrielle propose un nouvel angle de vue sur les interactions entre la société industrielle contemporaine (production, distribution, services, agriculture) et la biosphère. Un de ses challenges les plus sérieux est d'assurer une transition réussie vers une économie de croissance moins consommatrice de ressources et moins génératrice de rejets (gaz, déchets...). De nouvelles pratiques telles que l'élaboration de diagnostics, la mutualisation des moyens sont déjà mises en œuvre sur certains territoires et éclairent sur des solutions innovantes favorisant la réduction de la consommation énergétique et des gaz à effet de serre.

## Un nouvel angle de vue

L'écologie industrielle est avant tout un domaine scientifique consacré à la mise en œuvre du développement durable<sup>(1)</sup>. Le terme «écologie» fait ainsi référence à l'écologie scientifique (étude des écosystèmes) et «industrielle»<sup>(2)</sup> à l'ensemble de la société industrielle contemporaine : appareil de production, de distribution, services publics, agriculture...

En utilisant les outils de l'écologie scientifique, l'écologie industrielle permet d'avoir un angle de vue plus global de la situation. Elle rompt avec l'approche traditionnelle qui considère que la société industrielle et la biosphère sont deux entités distinctes et que les impacts environnementaux de la première sont une fatalité à traiter à l'interface des deux systèmes. Elle considère que la société industrielle est un cas particulier d'écosystème de la biosphère. Une telle approche permet d'appréhender les interactions société industrielle/écosystèmes naturels de manière plus claire et donc plus efficace.

## Mieux comprendre pour agir efficacement : les outils de métabolisme industriel

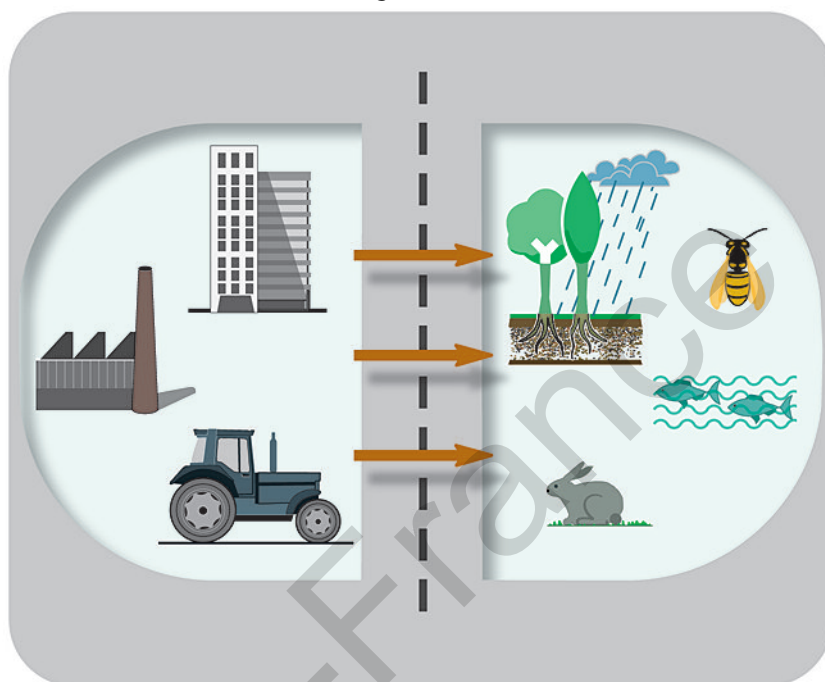
L'objectif affiché a conduit à concevoir des approches opérationnelles et efficaces quant à la mise en œuvre d'un développement durable.

Une des conditions nécessaires à une action efficace est une bonne compréhension des phénomènes en jeu. Les interactions entre la société industrielle et le reste de la biosphère sont essentiellement liées à la circulation de flux de matières ou d'énergie. Le domaine de l'écologie industrielle

(1) [www.is4ie.org](http://www.is4ie.org)

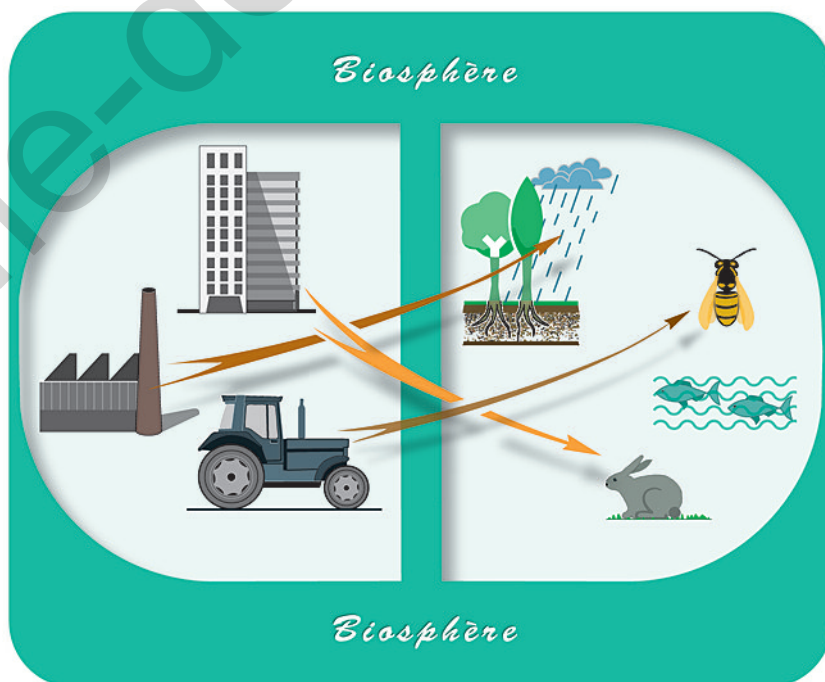
(2) Erkman S., *Vers une écologie industrielle*, Éditions Charles Leopold Mayer, Paris, 1998.

## L'écologie industrielle



Source : C.Audou, Systèmes durables

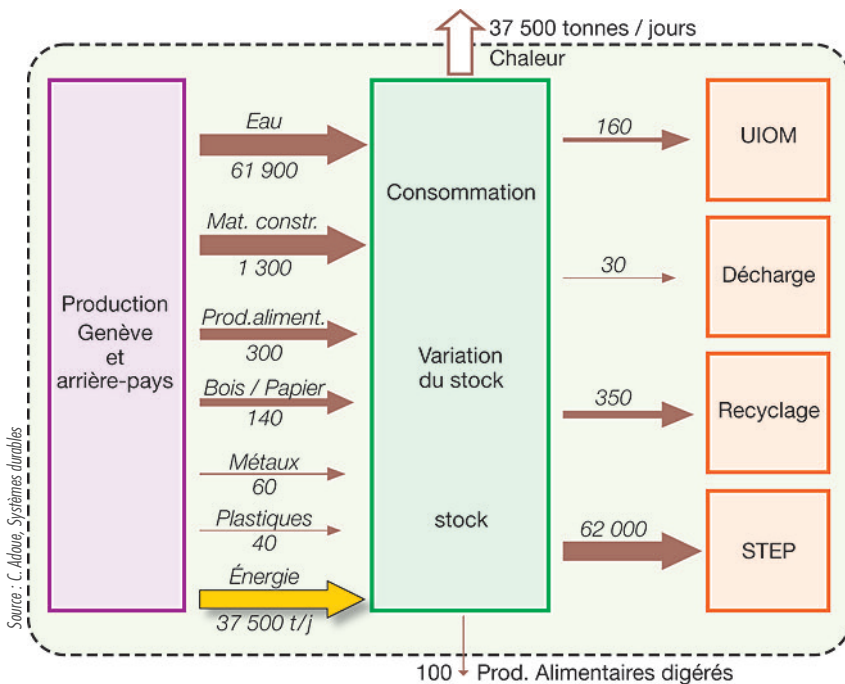
*Appréhendus distinctement, les impacts environnementaux du système industriel sont difficiles à analyser, anticiper ou traiter.*



Source : C.Audou, Systèmes durables

*Appréhendus de manière interactive, les impacts environnementaux du système industriel peuvent être traités plus tôt et plus efficacement.*

## Le diagnostic du métabolisme du canton de Genève



propose donc une famille d'outils de diagnostic permettant de décrypter la nature de ces interactions : les outils de métabolisme industriel.

L'étude du canton de Genève, lancée en 2003 dans le cadre de l'application de la loi Agenda 21 en analysant le métabolisme industriel a confirmé les points faibles dans l'utilisation des flux d'eau et d'énergie.

L'étude a également révélé le risque d'épuisement du stock de granulat du territoire à l'horizon de quinze ans. Des décisions politiques ont donc été prises rapidement afin, par exemple, de favoriser le recyclage des déchets de déconstruction en permettant l'utilisation de granulat recyclé dans le béton. Sur le plan énergétique, des projets ambitieux ont également vu le jour, avec des partenariats public-privé. Le plus ambitieux est le projet Lac-Nation. L'entreprise de biotechnologies Serrono a entrepris de concentrer toute son activité de R&D à Genève. Le nouveau bâtiment ayant des besoins énergétiques importants, l'entreprise, appuyée par la collectivité, s'est tournée vers un immense

réservoir d'énergie situé à proximité du site : le lac de Genève. L'énergie de l'eau puisée à 30 m de profondeur permet d'apporter une grande partie de l'énergie nécessaire à la climatisation du bâtiment. La conduite qui achemine l'eau traverse l'esplanade des Nations autour de laquelle se trouvent de nombreuses institutions internationales (OMC2, BIT...). La collectivité a donc décidé d'investir au côté de l'industriel afin de doubler les capacités du projet (de 2 500 à 4 700 m<sup>3</sup> par heure d'eau pompée) et de récupérer de l'énergie pour climatiser certains bâtiments situés autour de



L'énergie de l'eau du lac de Genève puisée à 30 m de profondeur (2 500 m<sup>3</sup>/h) permet de climatiser des bâtiments.

S. Mariotte/Laurif

l'esplanade. Cette solution permet par exemple à Serrono d'économiser 1 500 tonnes de fioul par an.

## Une approche opérationnelle : le bouclage de flux<sup>(3)</sup>

Un des plus sérieux défis à relever reste la transition vers une économie de croissance moins consommatrice de ressources et moins génératrice de rejets (gaz, déchets...).

La principale approche opérationnelle proposée par l'écologie industrielle s'inspire du fonctionnement des écosystèmes naturels, véritables icônes de durabilité, au sein desquels la matière produite par un organisme est immédiatement utilisée par un autre.

Elle consiste à boucler les flux de matière, d'eau et d'énergie au sein du système industriel d'un territoire. Les effluents et déchets de production deviennent ainsi des ressources potentielles pour d'autres activités. Les flux d'énergie rejetés dans le milieu (vapeur excédentaire, effluents gazeux ou liquides chauds...) deviennent des sources d'énergie potentielles pour des entreprises voisines. Des mutualisations permettent également de rationaliser approvisionnements et traitement de certains flux. Lorsque deux industriels voisins consomment un produit identique, la mise en commun de leur besoin peut diminuer les coûts d'approvisionnement, notamment en rationalisant le transport lié à la livraison. En cas de besoins énergétiques proches en vapeur ou en air comprimé par exemple, la mutualisation de production peut conduire à une plus grande efficacité et donc diminuer les

(3) Adoue C., *Méthodologie d'identification de synergies éco-industrielles réalisables entre entreprises sur le territoire français*, thèse de doctorat, université de technologie de Troyes, 2004, 224 p.

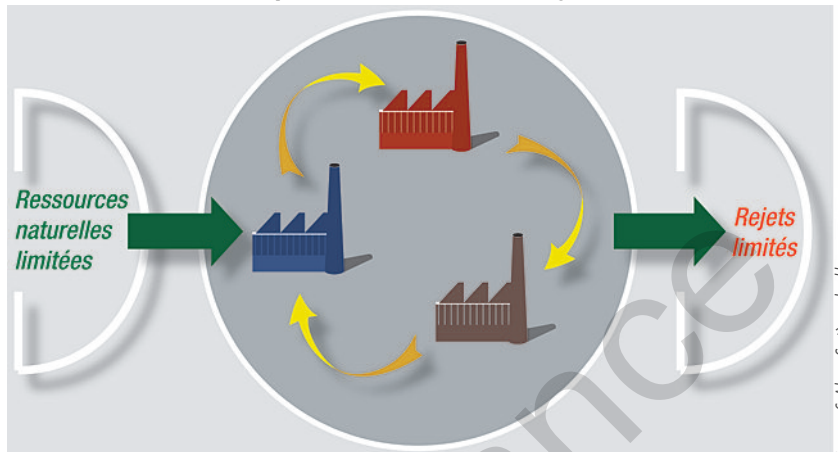


coûts et les impacts environnementaux. Enfin, la mutualisation du traitement d'un déchet permet d'atteindre des quantités suffisantes pour des solutions plus efficaces et plus économiques comme la valorisation. Ces échanges et ces relations entre les entreprises sont les maillons des boucles de matières d'eau et d'énergie. La valorisation d'un déchet d'activité par une autre activité n'a certes rien de révolutionnaire et existe depuis que l'agriculture valorise les lisiers de l'élevage. Ces échanges restent malheureusement des épiphénomènes. L'originalité de l'écologie industrielle est qu'elle propose de systématiser ces valorisations au sein d'un territoire.

### Une approche développée dans le monde entier

À l'heure où de sérieuses tensions apparaissent sur le marché du pétrole et celui des matières premières, les projets d'écologie industrielle se multiplient dans le monde : États-Unis, Canada, Japon, Australie, Philippines, Inde. La Chine a même voté une loi sur « l'économie circulaire » visant à favoriser le développement des boucles de matières, d'eau et d'énergie au sein de ses zones d'activités. Ces projets concernent des périmètres géographiques très différents, de la zone d'activité à la Région voire l'État (États-Unis – Caroline du Nord). L'approche s'adapte toutefois au périmètre géographique et à la densité du tissu industriel. En France, les deux projets de bouclage de flux les plus anciens datent de 1999 (Dunkerque) et de 2003 (département de l'Aube). Des territoires ont également décidé d'étudier leur métabolisme, par exemple la ville de Lille. Malgré cet apparent retard, une dynamique importante est toutefois en train de se créer, de nombreux projets

### L'évolution nécessaire du système industriel : le bouclage des flux sur un territoire



Source : C. Aube, Systèmes durables

- Déchets et effluents des uns = ressources pour d'autres
- Surplus énergétiques = sources d'énergie
- Rationalisation de la logistique (approvisionnement + collecte)...

### Yprema, un exemple en Île-de-France

En Île-de-France, la société Yprema, PME de 93 personnes travaillant dans la valorisation des déchets de construction et des mâchefers, développe les synergies entre ses sites et les entreprises situées autour de ses installations. Elle envoie ainsi ses eaux usées à l'incinérateur pour le refroidissement des mâchefers\*. Pour limiter le transport par camion, une barge hippomobile transporte le mâchefer, ce qui permet d'économiser 56 tonnes/eq. de CO<sub>2</sub>.

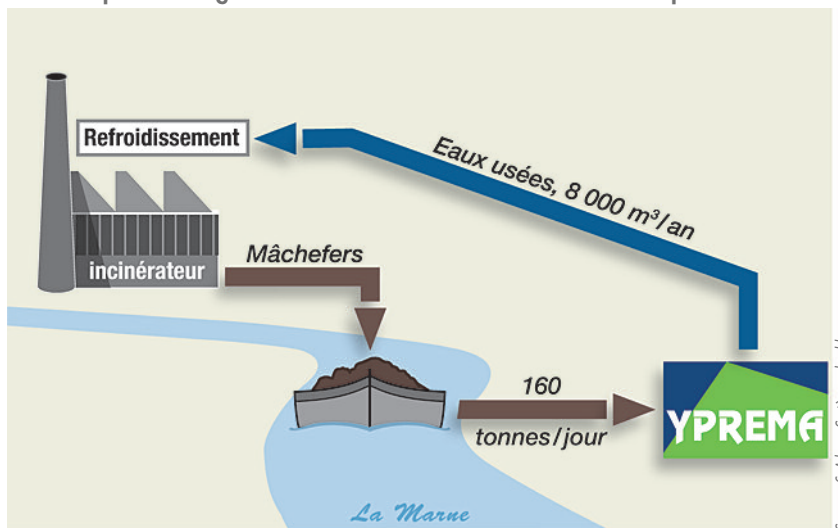


YPREMA Eric Morency

Traitement des mâchefers grâce à trois machines à courant de Foucault, Lagny-sur-Marne.

\* Scorie poreuse provenant de la combustion des charbons et parfois utilisée dans la construction ou pour la réalisation de chaussées.

### Un exemple d'écologie territoriale en Île-de-France : la société Yprema



Source : C. Aube, Systèmes durables

## Écologie industrielle en milieu urbanisé : l'exemple de Genève

La République du canton de Genève a lancé en 2005 une opération d'écologie industrielle visant à créer des boucles de matières, d'eau et d'énergie entre des acteurs industriels. L'action s'inscrit dans l'application de la loi Agenda 21 du canton qui souligne dans son article 12 que «l'État favorise la prise en compte de synergies entre activités économiques». Une étude du potentiel cantonal de création de synergies éco-industrielles a donc été lancée en 2005 et confiée à la société Systèmes Durables\*.

Le canton possède un tissu industriel de densité relativement faible qui regroupe moins de 130 sites. L'étude a consisté à travailler sur un échantillon représentatif d'entreprises. Les pistes de synergies réalisables entre elles ont été recherchées, ainsi que les activités à créer pour que ces synergies se mettent en place.

Un échantillon de dix-neuf entreprises a été sélectionné dans des secteurs aussi divers que le BTP, la menuiserie, la chimie-pharmacie ou encore l'agro-alimentaire et les traitements de surface. Il en est ressorti plusieurs éléments en termes de synergies et de créations d'activités :

### Les différentes synergies

#### Synergies matières

L'étude a permis d'identifier des pistes de synergies pour dix-sept\*\* grands types de flux : acides, soude, bois, déchets du BTP, solvants, huiles d'usinage, carton, déchets alimentaires, ... Pour les solvants par exemple, il s'agit d'étudier la possibilité d'une régénération (par distillation) qui se substituerait à l'incinération actuelle de 11 000 tonnes par an de ce type de produit. Une fois régénérés, ils pourraient être réutilisés.

#### Synergies eau

Plusieurs pistes de synergies d'eau ont été identifiées. L'une concerne, par exemple, une entreprise de la chimie-pharmacie qui rejette annuellement 120 000 m<sup>3</sup> d'une eau neutralisée de bonne qualité alors qu'une centrale à béton distante de deux kilomètres consomme 144 000 m<sup>3</sup> d'eau de réseau pour sa production. L'échange est en cours d'évaluation sur les plans économique et réglementaire. Il permettrait d'économiser 120 000 m<sup>3</sup> d'eau potable, de diminuer les coûts



Un projet énergétique d'envergure : le projet Lac-Nation

Ork.ch/Wikipedia

d'assainissement de l'entreprise de chimie-pharmacie et de soulager la station d'épuration cantonale. Il nécessiterait toutefois la construction d'un pipe-line de deux kilomètres.

#### Synergies énergie

Des synergies «énergétiques» ont également pu être identifiées. Elles concernent la production de certaines utilités comme l'air comprimé ou la vapeur, mais également la valorisation énergétique de déchets (bois, huile) rejetés par certaines entreprises et jusque là incinérés dans les installations cantonales. Des industriels possédant les installations adéquates pour les valoriser ont pu être identifiés (chaudière bois et fioul lourd).

#### Synergies transport

Enfin, des synergies de «transport» sont apparues entre des entreprises ayant des zones de chalandise voisines. L'idée consiste à étudier un système de co-camionnage ou de co-wagonnage afin que camions et trains soient utilisés de la manière la plus efficace possible. Des synergies de ce type permettraient de diminuer les coûts logistiques et le trafic de camions et de trains.

#### Des créations d'activités

Les flux à valoriser ne sont rarement directement. Ils nécessitent en général une récupération, une dépollution, un calibrage ou une régénération afin que le procédé valorisateur puisse les utiliser. Cette adaptation est ainsi source de création d'activités. Sept créations potentielles d'activités ont été mises en évidence lors de l'étude concernant les dix-neuf entreprises genevoises.

Une répond à plusieurs titres aux préoccupations d'industriels et de la collectivité. Il s'agit de la création d'une plate-forme de valorisation de déchets du BTP. Les ressources cantonales en granulats menacent effectivement de s'épuiser. Trois industriels du BTP basés dans la même zone d'activité génèrent des flux de déchets valorisables par l'un des deux autres. Ces déchets ont toutefois besoin d'être stockés, traités et calibrés avant utilisation par le producteur de béton, le producteur d'enrobé et le fabricant d'éléments pré-construits en béton. Ce besoin implique donc la création d'une plate-forme de valorisation au sein de la zone.

Les autres créations d'activités concernent une unité de régénération de solvants, une installation de régénération d'eaux blanches d'usinage, une unité de mise en pâte du carton usagé, la création d'un service d'essuyage industriel ou encore une installation de production d'aliments pour animaux.

Si les études économiques sont en cours pour évaluer les conditions de succès de ces projets, une activité a également été identifiée et déjà mise en œuvre. Elle est liée au flux de palettes en bois hors-circuit de valorisation. Elle consiste à récupérer, réparer et redistribuer ces objets.

\*www.systemes-durables.com.

\*\*C. Adoue, Recherche de synergies éco-industrielles sur le territoire du canton de Genève, Septembre 2005.

sont en gestation sur l'ensemble du territoire. Plusieurs industriels se sont même approprié le concept (EDF, Lafarge, GDF, Cristal Union...). Certains, comme la PME Yprema<sup>(4)</sup> l'ont carrément intégré à leur stratégie et tentent systématiquement de développer des synergies autour de leurs sites (échange de flux, transport...). Parallèlement à ces phénomènes, l'Agence nationale de la recherche a également lancé en 2007 des actions pour soutenir et développer ce domaine scientifique d'avenir (atelier de réflexion et de prospective Arpeige).

### L'économie de fonctionnalité

L'écologie industrielle propose aussi d'autres démarches opérationnelles pour «dématérialiser» le fonctionnement de notre économie, c'est à dire pour obtenir plus de services et de biens à partir d'une quantité de matière identique, voire moindre ; en d'autres termes en «accroissant la productivité des ressources».

L'économie de fonctionnalité, par exemple, consiste à vendre la ou les fonctions d'un produit ou d'un service à la place de ce produit ou service. L'industriel devient ainsi intéressé par une production de systèmes à la durée de vie la plus longue possible et dont la création et la fin de vie consomment le moins de matières et d'énergie et produisent le moins de déchets possible. Rank Xerox fait figure de pionnier en la matière<sup>(5)</sup>. Ce type d'approche, développé entre les années 1990 et 2000 a permis à l'industriel d'économiser beaucoup d'énergie (non-dépensée en phase de production), de détourner 75 000 tonnes de

déchets de la décharge ou de l'incinération. 45 % des pièces utilisées pour assembler un copieur proviennent par exemple d'un ancien copieur.

Il s'agit d'un choix stratégique pour l'entreprise qui change complètement d'orientation «politique», et doit s'appuyer sur des ressources humaines nombreuses et proches des clients, favorisant la «relocalisation» de l'emploi.

L'écologie industrielle et l'économie de la fonctionnalité constituent des pistes à explorer en Île-de-France au regard de ses spécificités tertiaires, de l'importance de ses flux et de ses échanges, et des réponses à trouver en matière de délocalisation des emplois industriels.

### Références bibliographiques

- **La Documentation française** (2004), *L'économie de l'environnement*, Problèmes économiques n° 2863
- **Radanne Pierre** (2005), *Énergies de ton siècle ! Des crises à la mutation*
- **Sénat, Belot Claude, Juillard Jean-Marc** (2006), *Énergies renouvelables et développement local : l'intelligence territoriale en action*, Rapport du Sénat n° 436
- **Ademe Île-de-France, Arene** (2006), *Tableau de bord de l'énergie en Île-de-France*
- **Airparif** (2005), *Analyse de l'inventaire et du cadastre des émissions des principaux gaz à effet de serre en Île-de-France*
- **Conseil économique et social, Paulet Marie-Odile** (2006), *Recherches et technologies du futur : quelles orientations pour la production et la consommation d'énergie ?*, Journal Officiel, Avis et rapports du CES n° 25
- **Conseil général des ponts et chaussées** (2005), *Maîtrise des émissions de gaz à effet de serre de l'aviation civile*, Rapport n° 2004-021-01 élaboré dans le cadre d'un groupe de travail interministériel présidé par Jean-Pierre Giblin
- **Drire** (2006), *La cogénération en Île-de-France*
- **Iaurif, Cordeau Erwan, Nascimento Iuli** (2005), *L'empreinte écologique des habitants de la région Île-de-France*
- **Région Île-de-France, Drire** (1999), *Schéma de services collectifs de l'énergie*
- **Adoue Cyril, Forgues Caroline, Lecoite Claire** (2004), *Développement des solutions d'écologie industrielle et réglementation : freins et leviers*, Déchets Sciences & Techniques n° 33
- **Adoue Cyril** (2004), *L'écologie industrielle en question*, Déchets Sciences & Techniques n° 35
- **Adoue Cyril, Ansart Arnaud** (2003), *L'essor de l'écologie industrielle : une avancée vers le développement durable*, Futuribles n° 291
- **Arene Île-de-France** (2006), *Les filières éco-industrielles préventives atouts et enjeux pour l'Île-de-France*
- **Arene Île-de-France** (2000), *Aéroports de Paris (ADP) Roissy Charles-de-Gaulle : maîtrise de l'énergie et environnement centrale thermo-frigo-électrique (CFTE)*
- **Iaurif, Ecodev-conseil, Leroi Pascale, Thévenot Laure, Husson Jean-Louis** (2004), *Les éco-activités en Île-de-France : une filière innovante, un fort potentiel de développement*, Note rapide sur l'économie n° 363

(4) www.yprema.com.

(5) Bourg D., Buclet N., *L'économie de fonctionnalité, changer la consommation dans le sens du développement durable*, Futuribles n° 313, Novembre 2005.



## Les activités économiques productrices et consommatrices d'énergie

Table ronde animée par **Véronique Lamblin**  
Directrice d'études, prospective et stratégie  
Groupe Futuribles

Pour ce débat, nous retrouvons **Bruno Lanier**, délégué régional Île-de-France, EDF, **Didier Lenoir**, président du Comité de liaison des énergies renouvelables (Cler), **Daniel Cappe**, vice-président de l'association technique énergie environnement (ATEE), **Jacques Salimitou**, président de l'association francilienne des industries pour l'étude et la gestion de l'environnement (Afinege) et **Jean-Marc Salagnac**, planification stratégique, Air-France.



Erwan Cordeau et des participants.

P. Thiot/laurif

La table ronde s'articule autour de trois thématiques principales :

- la maîtrise de la production d'énergie ;
  - la problématique de la gouvernance de l'énergie ;
  - les entreprises et l'efficacité énergétique,
- avec le témoignage d'Air-France.

L'énergie francilienne est largement importée. Compte tenu du réchauffement climatique, des tempêtes plus fréquentes peuvent notamment se produire et détruire le réseau électrique. Quelles sont les mesures prévues pour limiter ces risques ? Le développement des énergies renouvelables peut-il les réduire ? Et que faire pour entrer dans le cercle vertueux de leur développement ? En quoi l'augmentation du prix de l'énergie et la création des quotas d'émission de CO<sub>2</sub> constituent-elles des opportunités pour les petites et moyennes entreprises ? Comment Air-France fait-elle face au coût de l'énergie et aux quotas envisagés pour le transport aérien ?

L'enjeu de la sécurité énergétique dans le domaine électrique est de maintenir un équilibre continu et fiable entre l'offre et la demande, donc de disposer d'un réseau très maillé, enterré et alimenté par des sources diverses tant centralisées que décentralisées. Mais la sécurité énergétique comme la réduction des émissions des gaz à effet de serre passent par la maîtrise de la consommation. Par conséquent, un des leviers d'actions serait que les consommateurs se responsabilisent, particuliers comme entreprises, en

devenant producteurs d'énergie ce qui les inciterait à adapter leur consommation aux flux locaux qu'ils peuvent capter.

Pour les producteurs d'énergie l'enjeu est de passer de la vente de kilowattheure (kWh) à la vente d'un service énergétique afin d'aider leurs clients à mieux maîtriser les dépenses énergétiques.

L'histoire de la politique industrielle de l'énergie a conduit les collectivités locales à déléguer au niveau national la stratégie énergétique. Or les progrès

techniques dans le domaine des énergies décentralisées permettent le retour d'une plus grande responsabilité locale dans ces choix. La difficulté réside dans l'articulation entre les échelles européenne, régionale, locale pour un fonctionnement cohérent et fiable du système énergétique.

Du côté des petites et moyennes entreprises (PME), l'enjeu de l'énergie apparaît plus comme un risque qu'une opportunité. La prise de conscience des flux énergétiques et des déchets à réduire ou à valoriser est une nécessaire première étape.

Enfin, dans le domaine du transport aérien, les compagnies préfèrent les permis d'émissions à la taxation, si de tels outils sont choisis pour freiner la croissance de la demande.



*Les entreprises doivent, de plus en plus, adapter leur consommation énergétique aux nouvelles exigences.*

S. Mariotte/laurif

## La production d'énergie et la maîtrise de la production d'énergie

L'Île-de-France est une région dépendante sur le plan énergétique. Elle consomme soixante térawattheure (TWh) d'électricité par an dont 90 % est importée.

Mais, dans le domaine de l'électricité, la dépendance extérieure n'a pas d'impact négatif sur le développement durable d'une région, l'essentiel est de garantir la sécurité d'approvisionnement en toutes circonstances. Or, les



*L'Île-de-France consomme soixante térawattheure (TWh) d'électricité par an dont 90 % est importée.*

B. Raoux/laurif

lignes à haute tension sont nombreuses et le réseau est bien maillé, surtout sur le centre. Si le risque zéro n'existe pas, la sécurité est assez grande. En outre, EDF et RTE<sup>(1)</sup> continuent de renforcer le réseau, d'étudier sa réaction en cas d'épisodes difficiles, notamment lors des canicules, et de diversifier le bouquet énergétique.

La production locale d'énergies renouvelables permet de réduire les risques, mais ne suffit pas. Malgré la présence d'éoliennes, l'Allemagne n'a pu, en effet, faire face à l'incident du 4 novembre 2006<sup>(2)</sup>. La gestion d'un système électrique s'effectue en temps réel et s'avère d'autant plus complexe que les producteurs sont nombreux. Le rachat d'électricité à des producteurs indépendants pose des problèmes techniques qui ne sont pas encore résolus.



*Cyril Adoue, Mohammed Amjahdi et Marie-Laure Falque-Masset.*

P. Thiot/laurif

(1) Réseau de transport d'électricité.

(2) Suite à une défaillance du réseau allemand de lignes électrique à haute tension, de nombreux pays européens interconnectés à l'Allemagne ont subi vers 22h une gigantesque panne d'électricité touchant pendant plusieurs heures dix millions d'européens dont cinq millions de français.



*En France, la sécurité d'approvisionnement énergétique est assurée par de nombreuses lignes à haute tension et un réseau bien maillé.*

B. Raoux/laurif

“ Les économies d'énergie, cruciales pour la planète, sont bonnes pour les usagers particuliers et professionnels dont elles réduisent les coûts, et également profitables pour EDF qui peut limiter ses investissements. Il s'agit donc d'un jeu gagnant-gagnant. ”

Bruno LANIER, EDF



*Bruno Lanier, Jean-Marc Salagnac et Didier Lenoir.*

P. Thiot/laurif

Quoi qu'il en soit, il faudra améliorer la coexistence entre les moyens centralisés de production et les petites unités décentralisées afin d'assurer l'équilibre continu entre la production et la consommation. Le maintien de l'équilibre est d'ailleurs une performance technique permanente.

La maîtrise de l'énergie est un jeu gagnant-gagnant pour tous y compris les producteurs d'énergie comme Électricité de France (EDF).

L'ensemble des offres actuelles des producteurs vise donc à accompagner le client pour qu'il maîtrise l'énergie. EDF ou ses concurrents ne vendent plus seulement un produit, mais également des services qui renforcent leur position dans un cadre concurrentiel tant pour la production que pour la distribution au consommateur final. Accompagner les clients pour maîtriser le coût de l'énergie permet à une entreprise comme EDF de remporter les appels d'offres. C'est la raison d'être des contrats de progrès liant le contrat de fourniture à des objectifs de diminution de la consommation sur l'ensemble de la chaîne d'utilisation de l'énergie.

La mise en œuvre d'une politique en faveur des énergies renouvelables est inséparable d'une culture de réduction de la consommation pour lutter contre le réchauffement climatique et atteindre l'objectif du plan Facteur 4. Actuellement, tous les acteurs sont gros consommateurs d'énergie et un changement de comportement est nécessaire. S'ils deviennent producteurs, ils prennent conscience de la valeur de l'énergie et se responsabilisent, permettant de passer de la consommation des stocks finis d'énergie fossile à la consommation de flux d'énergie permanents.



*Il faudra améliorer la coexistence entre les moyens centralisés de production et les petites unités décentralisées. Moulin privé sur l'Essonne, Argeville.*

B. Raoux/laurif





*Vente de produits issus de l'agriculture bio, Escale-bio, Houdan, Yvelines.*

B. Raoux/laurif

Les flux d'énergie renouvelables sont colossaux : le Soleil envoie sur le territoire national 200 milliards de tonnes équivalent pétrole (tep) par an, alors que la consommation d'énergie primaire s'élève à 160 millions de tep. De même, la Terre produit 200 millions de tep par an. Les flux d'énergie sont donc surabondants, mais nous ne savons pas les capter, notamment en raison de leur caractère diffus. Dans ce cadre, chaque acteur doit réduire sa consommation pour l'adapter aux possibilités de captage des flux situés à sa proximité.

## La gouvernance de l'énergie

La part des énergies renouvelables est aujourd'hui de 5 %. Les ambitions sont celles de la loi POPE (13 juillet 2005), soit 10 % d'énergie renouvelable en 2010 (21 % pour l'électricité en 2020). Les objectifs des plans particuliers d'intervention (PPI)<sup>(3)</sup> sont ceux de la loi. Ils dépendent de l'augmentation de la demande d'énergie. Les énergies renouvelables seront d'autant plus importantes que nous serons sobres et que nous améliorerons l'efficacité énergétique.

(3) Les plans particuliers d'interventions sont établis pour faire face aux risques particuliers liés à l'existence ou au fonctionnement d'ouvrages ou d'installations dont l'emprise est localisée et fixe comme les centrales nucléaires et les réseaux énergétiques.

En pratique, la France est encore dans une phase d'annonces. Elle s'engage certes sur l'objectif de 21 % d'énergies renouvelables en 2020, mais avec des réserves, notamment en comptabilisant le nucléaire. La France privilégie ainsi la production centralisée, certes indispensable, au détriment de la production locale. La fin de la crise pétrolière a conduit dans les années 1990 non seulement à une recentralisation de la production, mais également à un moindre investissement sur le réseau de distribution. La Fédération nationale des collectivités concédantes et régies (FNCCR) chiffre le déficit d'investissements à un milliard d'euros par an. 45 % des réseaux sont enterrés en France contre 70 % en Allemagne. Le courant français est donc moins fiable. Cette absence d'investissements pénalise le branchement des moyens de production locaux et donc le développement de l'énergie locale.

Les PPI devaient être élaborés en concertation entre les régions et l'État, mais, en fait, seul l'État les réalise. Ils sont établis à partir d'hypothèses basses (faible amélioration de l'efficacité et donc croissance de la consommation et limitation des énergies renouvelables).



*De gauche à droite, François Dugeny, Marie-Pierre Digard, présidente de l'Arene, conseillère régionale et Gérard Lacoste.*

P. Thiot/laurif



*Les flux d'énergie sont colossaux. L'«idéal» serait d'adapter la consommation aux possibilités de captage des flux situés à proximité.*

B. Raoux/laurif

« Aujourd'hui, la situation est nouvelle : d'une part, la question énergétique s'est mondialisée ; d'autre part, les progrès techniques permettent le retour à une responsabilité locale. Il faut donc améliorer la dialectique local/central. La région est le meilleur niveau sur ce plan, car elle connaît son territoire, son économie, ses flux et peut dialoguer avec les intercommunalités. »

Didier LENOIR, Cler



Didier Lenoir.

P. Thiot/laurif



Les énergies renouvelables s'affichent au pied de certaines mairies.

S. Mariotte/laurif

C'est un problème de gouvernance territoriale. Genève, canton autonome, est par exemple plus en mesure d'améliorer ses flux énergétiques que l'Île-de-France.

La région francilienne n'en a pas les compétences et ne peut donc pas faire le lien entre la production et la consommation, ni faire des choix énergétiques tenant compte de la sécurité de l'approvisionnement, du développement local et du réchauffement climatique. C'est la raison pour laquelle les compagnies de distribution devraient être soumises aux cahiers des charges des collectivités territoriales, par exemple pour la détermination du bouquet énergétique. De même, le fournisseur devrait financer l'information sur les économies d'énergie au bénéfice de l'Ademe et des agences locales de l'énergie : aujourd'hui, les bénéfices d'EDF profitent à l'État alors que l'information locale est payée par les contribuables locaux.

Les compétences des collectivités locales pour la distribution de l'énergie, liées au service public de l'énergie, sont anciennes et ont été attribuées par les lois de 1876 (gaz), 1906 (électricité) et 1980 (chaleur). La loi de nationalisation de l'électricité et du gaz de 1946 a transféré de fait la distribution à EDF et GDF. La loi de 1946 a permis de développer un système énergétique efficace et sûr. Quelques collectivités ont cependant gardé leurs régies (Entreprises locales de distribution). Les communes délèguent leur compétence à une cinquantaine de syndicats, qui sont des intercommunalités spécialisées telles que le Sigeif et le Snevo. La régulation s'exerce dans le cadre du cahier des charges signé entre le distributeur concessionnaire et le concédant. Toutefois, cette régulation porte réglementairement uniquement sur le réseau (exploitation du réseau, qualité...). En pratique, EDF et les concédants négocient sur d'autres



Le projet Lac-Nation à Genève utilise l'énergie de l'eau pour climatiser du bâti.

S. Mariotte/laurif

sujets tels que le développement des usages performants des énergies.

Le contexte actuel nécessite l'articulation entre plusieurs niveaux institutionnels : européen (conventions internationales, directives de la Commission), national, régional et local. EDF est favorable aux opérations de promotion des énergies renouvelables et de maîtrise de la demande tant avec la région, qui s'est dotée d'une politique énergétique, qu'avec les communes, qui disposent d'un pouvoir prescriptif dans le cadre des plans locaux d'urbanisme et des projets de ville. La difficulté réside dans l'articulation entre les différents niveaux de régulation. Plutôt qu'opposer ces derniers, il convient plutôt de veiller à trouver un équilibre souple. Les enjeux ne sont plus les mêmes que durant la reconstruction de l'après-guerre.

Les collectivités assument leur rôle dans le cadre de leur champ de compétence (eau, déchets, assainissement, pollution). En revanche, elles ont été dépossédées de leurs responsabilités dans le domaine de l'énergie. La remise en concurrence progressive des conventions de concession devrait entraîner des progrès.

## Les entreprises et l'efficacité énergétique

Compte tenu de sa taille, l'industrie francilienne n'est pas une grande consommatrice d'énergie. Mais après les contre-chocs pétroliers, même les grands verriers se sont démotivés sur la maîtrise énergétique. Les nécessités environnementales actuelles imposent de nouvelles pratiques.

## La mobilisation actuelle des grands groupes

Une nouvelle ère semble naître : depuis deux ans, les grands groupes prennent en compte les nécessités environnementales. Ils recréent des postes de responsables des économies d'énergie et disposent de programmes de maîtrise de l'énergie élaborés avec EDF. De leur côté, les grands producteurs d'énergie tels qu'EDF et Veolia expérimentent le passage d'une culture de vente de biens à une culture de services (c'est-à-dire économie de la fonctionnalité en vendant par exemple une température garantie au lieu de kilowattheures). Il leur faut réussir à concilier la vente de biens et le conseil sur la réduction de la consommation. En fait, il faut compenser le premier par le développement du second.

## L'incitation à travers les quotas de CO<sub>2</sub>

Il faut réfléchir par rapport au prix prévu pour la période 2008-2012, soit quinze euros la tonne, et non le prix actuel qui tend vers zéro. On peut penser qu'avec ces nouveaux tarifs, le marché devrait se développer.

L'Île-de-France pourrait développer rapidement les projets diagnostic CO<sub>2</sub>, car le Protocole de Kyoto se termine en 2012 et les crédits CO<sub>2</sub> ne seront pas valorisés au-delà, comme précisé dans le décret paru le 7 mars 2007. Les méthodologies seront validées cette année. Le moment est venu pour les

porteurs de projets de se mobiliser. Les chambres consulaires, les collectivités et les syndicats doivent regrouper les projets pour pouvoir bénéficier des aides de la région pour le diagnostic. Par ailleurs, la Caisse des dépôts propose d'acheter cinq millions de tonnes de CO<sub>2</sub> au prix de quinze euros la tonne. L'appel d'offres a été lancé à la mi-juin 2007 et les acteurs ont disposé de deux mois seulement pour répondre. Il est nécessaire de communiquer le plus largement possible pour que les entreprises puissent bénéficier de ces crédits.

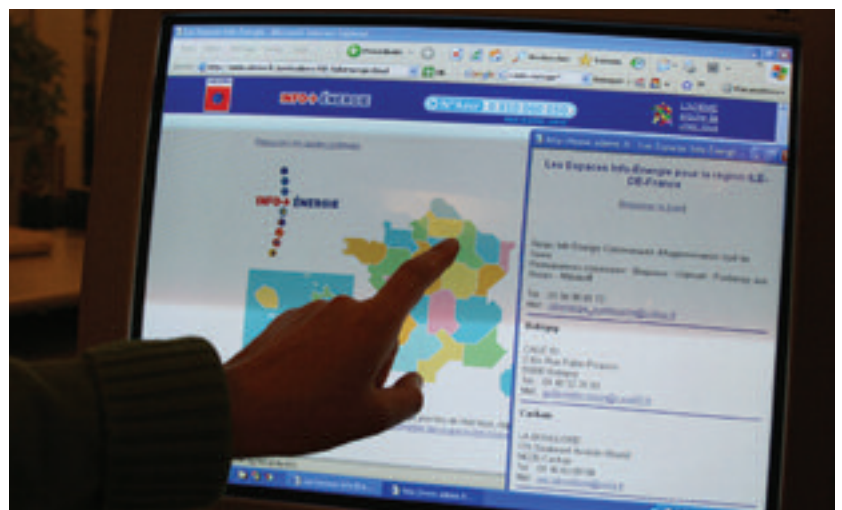
## Des solutions collectives pour les PME et les petits commerces

La situation est plus délicate pour les PME. Selon l'enquête récente de l'Ademe, 86 % des PME déclarent réfléchir aux économies d'énergie. Mais leur motivation est plus citoyenne qu'économique. Les chefs d'entreprise sont conscients des problèmes, mais sont totalement démunis pour les résoudre. Ils ne peuvent pas recruter une personne à plein temps sur ce sujet. Le secteur le plus sensibilisé à l'environnement est le bâtiment. Celui-ci est tiré par la demande : les consommateurs sont sensibilisés aux économies d'énergie liées à la construction.



Guy Bonneau, Véronique Lamblin et Jean-Marc Salagnac.

P. Thiot/laurif



La consultation des espaces Info-énergie franciliens sur Internet.

A. Lacouchie/laurif



En pratique, le marché des produits verts n'est pas suffisamment développé : les produits étant plus coûteux, la demande est insuffisante. Les marchés publics peuvent constituer un bon levier, mais il faudrait que les organismes de contrôle tels que la direction départementale de l'équipement ne privilégient plus le moins-disant, mais le mieux disant.

L'enquête révèle également que les industriels manquent d'informations et ne sont que très peu conscients de l'impact environnemental de leurs activités. La situation s'est clarifiée seulement pour l'électricité en raison de la concurrence.

Toujours selon cette enquête, seules 13 % des PME pensent que les problèmes d'environnement sont une opportunité. Autrement dit, il faut communiquer davantage, et divers outils se mettent en place pour accompagner les entreprises. Ainsi, le système d'aide à la décision destiné à faciliter le diagnostic a été refondu par l'Ademe en janvier 2007. Dans 95 % des cas, les préconisations de bon sens ou de comportement sont immédiatement rentabilisées.

Pour l'industrie, la demande d'expertise énergétique avait disparu il y a une quinzaine d'années avec le contrechoc pétrolier. L'offre a donc également disparu, mais elle réapparaît aujourd'hui. Pour le bâtiment, les bureaux d'études sont assez nombreux. L'Ademe réfléchit à la délivrance d'une qualification pour les experts. Depuis quelques années, l'Ademe travaille aussi avec les chambres de commerces et d'industries (CCI) pour créer des postes de chargés de mission énergie dans les chambres de commerce, comme il en existe déjà pour l'environnement. L'objectif est de proposer des services d'efficacité énergétique aux PME et aux petits commerces. Les relais sont nombreux : collectivités, directions régionales de

l'industrie de la recherche et de l'environnement (Drire), syndicats, chambres consulaires, bureaux d'études... Toutes les approches, quelle que soit l'échelle, sont complémentaires. Comme les Chambres régionales de commerce et d'industrie, les syndicats professionnels peuvent favoriser les démarches de diagnostic. Les résultats sont toujours bénéfiques. Les entreprises attendent d'ailleurs de l'aide et de l'accompagnement de l'ensemble des acteurs.

La norme ISO 14001 constitue également un outil remarquable pour la gestion de l'énergie. Elle prévoit notamment la sensibilisation des salariés. Ce point est fondamental, puisque la motivation est un facteur de progrès permanent tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'entreprise. Les bureaux sont souvent chauffés à 21 ou 22 degrés, alors que la réglementation thermique imposerait une température de 19 degrés. Les ordinateurs, les imprimantes et les lumières sont allumés 24 heures sur 24 toute l'année.

## Des réponses multi-acteurs au niveau local

Lorsque des entreprises se fédèrent sur une zone d'activité, l'effet de levier est réel. Mais actuellement, moins d'un tiers des zones d'activités d'Île-de-France disposent de gestionnaire de zone, difficulté à laquelle les communes pourraient remédier en mettant à disposition une personne pour informer et accompagner toutes les entreprises d'une zone. Un fournisseur d'énergie comme EDF manque d'expérience dans ce domaine, car cela nécessiterait le développement d'une activité de gestionnaire de zone. Le développement des agendas 21 territoriaux peut aussi améliorer le dialogue entre les différents acteurs. Quelques projets collectifs sont en cours d'expérimentation en Île-de-France à l'initiative des collectivités

“ Le développement des agendas 21 territoriaux constitue une autre voie à explorer, pour améliorer le dialogue entre les différents acteurs et augmenter l'intervention au niveau des zones d'activité, d'autant qu'ils permettent d'avoir une vision plus globale, non limitée aux entreprises ni aux zones d'activité. ”

Jacques SALIMITOU, Afinegé



Jacques Salimitou, Daniel Cappe et Véronique Lamblin.

P. Thiot/laurif

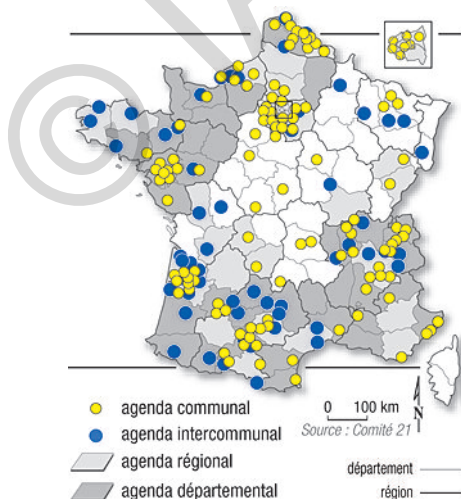
locales ou de chambres de commerce :

- dans une zone Haute qualité environnementale (HQE) en cours de création à Cormeilles-en-Parisis, une démarche transversale est effectuée pour favoriser les énergies renouvelables, améliorer l'efficacité énergétique et protéger l'environnement. Ce projet a nécessité de longues discussions avec de nombreux acteurs et beaucoup de volonté ;
- un projet d'écologie industrielle financé par le programme européen d'actions innovatrices d'Île-de-France (PRAI) a été expérimenté dans le Mantois, à l'image d'un parc de Göteborg. Un tel projet nécessite de nombreux prérequis, car il s'agit non seulement de valoriser les déchets et les flux d'énergie, mais aussi de rendre les entreprises interdépendantes. Le problème réside dans le fait que chaque entreprise a ses propres objectifs et qu'il n'y a pas de vision territoriale. Le projet réussit grâce aux acteurs institutionnels tels que l'Ademe, les collectivités et la chambre de commerce.

## Développer de nouvelles activités

L'exemple genevois, très abouti, présenté par Cyril Adoue, montre que la protection de l'environnement peut

### Répartition des agendas 21



permettre le développement de nouvelles activités économiques (diagnostic, recyclage, mise en réseau...). Le conseil et l'accompagnement peuvent aussi se développer largement, notamment grâce au système des certificats d'économie d'énergie. L'expérience montre que l'opération peut être rentable. Les syndicats des équipementiers automobiles et des plasturgistes ont mené des actions de diagnostic CO<sub>2</sub> très profitables pour leur filière. Ces diagnostics sont utilisables par toutes les types d'entreprises, mécaniques ou agroalimentaires. Le groupement d'entreprises est une solution très efficace pour les PME, car il permet de «partager des salariés». L'essentiel reste que le chef d'entreprise prenne des mesures à l'issue des rapports. Il faut noter que souvent, il ne s'agit pas d'investir mais de rationaliser, d'informer le personnel et de négocier les contrats avec les fournisseurs de flux.

D'autres expériences ont été lancées, mais ne sont pas encore concluantes, comme la bourse des déchets de la CRCI francilienne, créée il y a vingt ans, qui ne s'est pas encore totalement développée. En 2003, du fait d'une déficience d'informations, moins d'un pour cent des entreprises ont déposé des offres sur le système des douze CRCI. Il s'agit d'un problème d'information : la réussite des bourses aux déchets suppose que les différents acteurs aient conscience de pouvoir acheter ou vendre des déchets. Toujours dans l'exemple de Genève, les entreprises ont reçu une information sur le potentiel synergique des flux et ont été mises en contact. Un animateur rattaché au canton en est chargé à plein temps. À Dunkerque, l'animateur est rattaché à une association d'industriels. Il existe cependant des problèmes pour développer les synergies, puisque les déchets font l'objet d'une réglementation particulière.

“ Les syndicats des équipementiers automobiles et des plasturgistes ont mené des actions très profitables pour leur filière. Dans une autre région, plusieurs petites entreprises ont créé un poste commun de responsable des économies et de l'environnement. Ce système de mutualisation donne de bons résultats, car le diagnostic ne suffit pas. Il faut suivre les entreprises en continu. ”

Daniel CAPPE, Association technique énergie environnement



Daniel Cappe.

P. Thiot/taurif



Bruno Lanier, et Jean-Marc Salagnac.

P. Thiot/laurif

La valorisation de flux énergétiques, autrement perdus existe aussi : des unités de séchage des bois, des piscines, des serres de maraîchage, une ferme piscicole et un élevage d'alligators se sont implantées à proximité de centrales nucléaires pour utiliser la chaleur ; à Dunkerque, la chaleur d'un haut-fourneau est réutilisée dans le réseau de chauffage.

### Les normes pour les bâtiments

Du côté des outils réglementaires, les bâtiments tertiaires et industriels neufs devront, comme les logements, respecter des normes assez élevées, mais sans réglementation thermique précise, avec un seul objectif global de 130 KWh/m<sup>2</sup> (énergie primaire consommée). Pour l'ancien, aucune règle n'existe. Une réglementation est cependant en cours de rédaction pour les bâtiments d'une taille inférieure à 1 000 m<sup>2</sup>. La réglementation se fera par élément (chaudière, fenêtres...) et non globalement. Le consommateur ne sera pas obligé de changer de fenêtres, mais s'il le fait, il devra désormais installer des fenêtres réglementaires. Pour le reste, il existe des labels, par exemple lorsque la consommation est de 50 KWh/m<sup>2</sup>.

### Le témoignage d'Air-France

Le transport aérien représente 2,5 % du CO<sub>2</sub> émis par l'homme. Compte tenu de l'importance des coûts de l'énergie, l'aéronautique a toujours recherché la meilleure performance énergétique. La marge est désormais étroite. De fait, la capacité d'amélioration de l'efficacité énergétique (3 % par an) ne compense pas la forte croissance du trafic (5 % par an).

La réduction des rejets peut s'effectuer par l'achat d'avions neufs, par un développement de l'intermodalité (train, covoiturage) et par un meilleur contrôle aérien. Pour ce dernier, le projet SÉSAME<sup>(4)</sup> devrait permettre de réduire la consommation de carburant de 12 % à l'horizon 2020. Le contrôle sera alors centralisé au niveau européen. Concernant le matériel, les industriels ont mis en œuvre le projet ACAR qui vise à réduire de moitié la consommation de kérosène par passager à l'horizon 2020. Ils travaillent à cet effet sur le contrôle aérien, sur les moteurs et sur les cellules.

La compensation est une autre solution. Elle peut être réalisée par des taxes, qui réorientent la demande de transport. Toutefois, le long-courrier représente 80 % de l'activité et aucun mode de transport alternatif ne peut le remplacer. La compensation peut également être réalisée par le biais des permis d'émission, approuvé par Air-France. Ce moyen est plus efficace, car il permet de réduire les émissions et favorise la diffusion des énergies pauvres en carbone.

(4) Ce programme de réalisation du ciel unique (SESAME) est un vaste programme industriel spécialisé qui réunit les utilisateurs de l'espace aérien, les opérateurs et les fournisseurs. Il englobe le cadre réglementaire, les sources de financement et les forces d'exécution. «Le programme SESAR pour des transports aériens plus sûrs, moins chers et plus efficaces», Commission européenne, direction générale énergie et transports, novembre 2005.



Les nouveaux projets aéroportuaires en province et le développement des liaisons point à point ne posent pas de problème tant que les nouvelles capacités sont payées par les utilisateurs. Un problème se pose cependant à Marseille : l'aérogare n'est pas saturée, et la ville en construit néanmoins une nouvelle. Pour le reste, les autorités publiques font preuve d'une ambiguïté certaine : elles veulent limiter la croissance du trafic en Île-de-France et le soutenir par ailleurs. Un aéroport sans trafic cherche forcément à se rattacher à un aéroport au trafic important. Autrement dit, la création d'aéroports en province entraîne un nouveau trafic et ne réduit pas les problèmes de congestion en Île-de-France. La croissance du trafic dépend directement du coût de l'énergie et des taxes. Il faut donc réfléchir globalement à la détermination des taxes sur les différents modes de transport.

Les passagers ont deux valeurs principales : le coût et le temps. L'augmentation des taxes affecte peu les voyageurs d'affaires, qui sont principalement intéressés par le service. D'autres passagers font un choix inverse. D'autres critères peuvent aussi différencier les modes tels que le confort et les horaires.

“ La croissance du trafic dépend directement du coût de l'énergie et des taxes. Il faut donc réfléchir globalement à la détermination des taxes sur les différents modes de transport. ”

Jean-Marc SALAGNAC, planification stratégique, Air-France



Jean-Marc Salagnac et Didier Lenoir.

P. Thiot/laurif

© IAU Île-de-France

© IAU Île-de-France





# Gestion de l'espace : formes urbaines, densités et enjeux énergétiques

Les objectifs du Facteur 4 semblent aujourd'hui difficiles à atteindre au regard des tendances lourdes du développement urbain francilien : consommation d'espace et desserrement de la ville, disparités spatiales, augmentation des mobilités. Les choix d'urbanisme et les comportements dans le temps et dans l'espace qu'ils induisent ont un impact évident sur nos consommations énergétiques et nos émissions de gaz à effet de serre. Définir des structures et des formes urbaines plus efficaces favorisant les mutualisations et les courtes distances, reformuler les concepts de densité et de compacité, agir sur les choix de localisation et modifier nos modes de production de la ville, tels sont les enjeux des années à venir. Saurons-nous d'ici 2050 transformer suffisamment l'organisation de nos villes et de nos vies pour ralentir le changement climatique et/ou nous en protéger ?





B. Roovy/laurif

*Energy constraints  
and urban space  
in Île-de-France:  
Structural questions*

*There is a strong connection between the challenges of climate change and increasing fossil fuel prices. Public action can attempt to reduce these risks either by acting on hazards (for example by reducing the probability of floods), or by working to reduce vulnerability (for example by reinforcing the resilience of the city). Approaches for adapting urban spaces can be very different in various cultures and contexts, and these solutions are not spontaneously convergent.*

*For example, post-war planning practices within the greenbelt of London have reduced the vulnerability of the metropolis to the effects of climate change, "aerating" the city by increasing the amount of wooded spaces and flood expansion areas.*

*But this rigorous preservation of open spaces has also greatly increased London workers' daily travel distances, as many of them have had to find a home outside the greenbelt... making them even more dependent on cars and fossil fuels.*

## L'espace urbain francilien et la contrainte énergétique : questions de structure

Nicolas Laruelle  
laurif

Les défis du changement climatique et du renchérissement des énergies fossiles sont fortement associés. L'action publique peut chercher à réduire ces risques soit en jouant sur l'aléa (par exemple en réduisant la probabilité des inondations), soit en jouant sur la vulnérabilité (par exemple en renforçant la robustesse de la ville). Pour l'adaptation des espaces urbains, les approches sont très diversifiées selon les cultures et les contextes, mais surtout les solutions ne sont pas spontanément convergentes. Ainsi, dans la ceinture verte de Londres, les aménagements effectués depuis l'après-guerre ont réduit la vulnérabilité de la métropole face aux effets du changement climatique («aération» de la ville par augmentation des espaces boisés et des champs d'expansion des crues). Mais la préservation rigoureuse de ces espaces ouverts a fortement accru la distance moyenne des migrations quotidiennes des travailleurs londoniens, dont beaucoup ont dû s'installer au-delà de la ceinture verte... et devenir ainsi plus dépendants de l'automobile et des énergies fossiles.



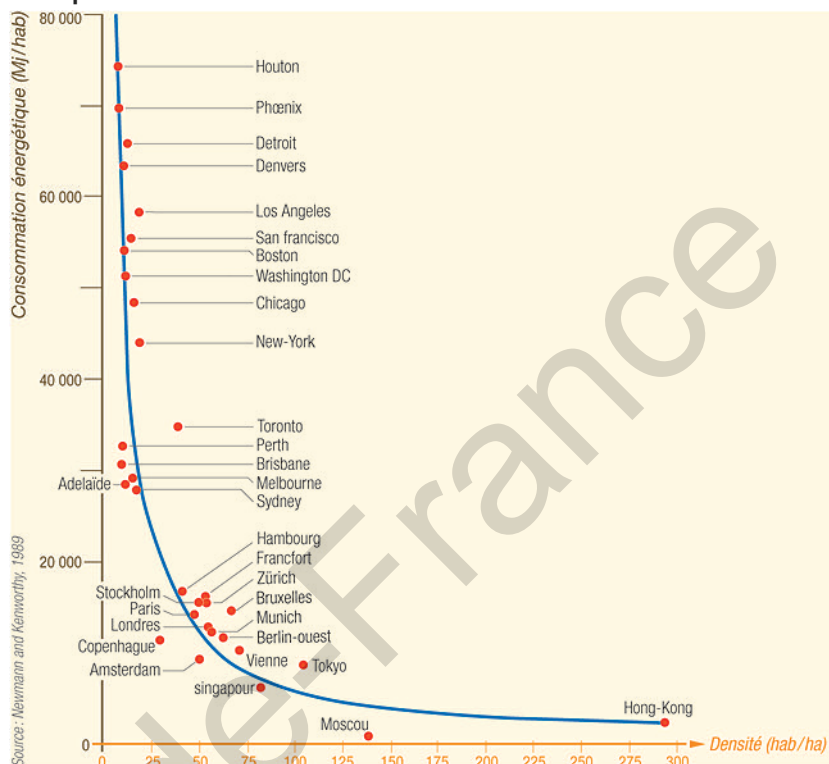
## Retour sur un classique

Quand on évoque la relation entre structure de l'espace urbain et contrainte énergétique, on pense souvent au graphique réalisé en 1989 par les chercheurs australiens Newman et Kenworthy, qui montre la corrélation, semble-t-il assez forte, entre la consommation énergétique de quelques métropoles mondiales et leur densité : la consommation par habitant décroît spectaculairement lorsque la densité s'accroît.

Cette corrélation peut se concevoir : une métropole plus dense, c'est une métropole où, «toutes choses égales par ailleurs», on a sans doute une plus grande propension à recourir à des réseaux de chaleur urbains pour se chauffer, à faire ses courses à pied ou à vélo plutôt qu'en voiture, à ne pas devoir stocker ses provisions au congélateur...

On constate que Paris – plus largement l'Île-de-France – apparaît au cœur du peloton des villes européennes, aussi loin de Hong-Kong que de Houston. Mais il faut préciser que la densité de la région est loin d'être uniforme. En effet, le travail

## La corrélation consommation énergétique et densité dans les grandes métropoles mondiales



engagé dans les années 1990 par Vincent Fouchier<sup>(1)</sup> pour valider au niveau infrarégional la corrélation observée par Newman et Kenworthy nous montre qu'en Île-de-France, on trouve à la fois des «petits Singapour» et des «petits Houston».

## En Île-de-France, un gradient de densité fortement décroissant

Rappelons qu'on peut donner différentes définitions de la densité :

- la densité brute, qui, très classiquement, rapporte la population totale à la superficie totale,
- la densité nette, qui rapporte la population à la seule superficie des espaces urbanisés,
- la densité humaine nette, qui prend en compte non seulement les habitants mais aussi les emplois, dont le nombre est toujours rapporté aux seules surfaces urbanisées,
- la densité d'habitat, qui rapporte soit un nombre d'habitants, soit un nombre de logements, à la superficie des seuls espaces urbanisés dédiés à l'habitat.



En Île-de-France, on trouve à la fois des «petits Singapour» et des «petits Houston». Vue sur Paris, Meudon, Hauts-de-Seine.

B. Raoux/laurif

(1) Vincent Fouchier, docteur en urbanisme, *L'étalement, la dédensification et le desserrement en Île-de-France*, Données urbaines, n° 4, Paris, Anthropos, 2003, pp. 159-168.



La population et l'emploi se sont parfois accrus plus rapidement que leurs espaces urbanisés dans certains secteurs franciliens, vue du centre ville de Sevrans sur des communes de la petite couronne et sur Paris, Seine-Saint-Denis.

B. Raoux/laurif

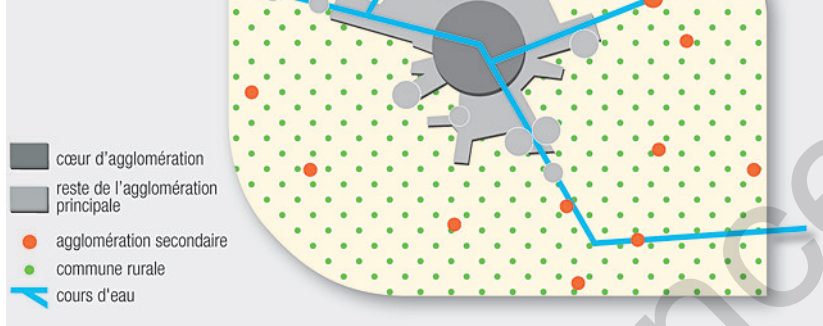
On remarque que pour quatre définitions de la densité sur cinq, seul le cœur d'agglomération, qui ne compte que 118 communes, affiche une densité au-dessus de la moyenne régionale. L'Île-de-France présente donc un gradient de densité très fortement décroissant, du centre vers la périphérie de la région. Constaté à l'échelle régionale, ce gradient se retrouve souvent, comme en fractale, au niveau local : ainsi, à Bussy-Saint-Georges, les densités chutent très fortement entre le quartier de la gare RER et les premiers lotissements pavillonnaires, quelques centaines de mètres plus loin.

## Le «paradoxe des couronnes»

On observe aussi que la densité humaine des espaces urbains franciliens a diminué de 6,6 % entre 1982 et 1999. Le gradient de densité très fortement décroissant à l'échelle régionale rend compte en grande partie de ce phénomène, par le jeu du «paradoxe des couronnes».

Si l'on recherche les composantes infra-régionales de cette évolution, on remarque que la densité humaine ne diminue que dans le cœur de l'agglomération (mais «seulement» de 3,2 %),

## La gestion de la localisation des équipements structurants



Source : laurif

## La diversité des densités en Île-de-France (1999)

	Densité				
	Brute population/surface totale (km <sup>2</sup> )	Nette population/surface urbanisée (ha)	Humaine nette pop. + emploi/surface urbanisée (ha)	Habitat 1 population/surface habitat (ha)	Habitat 2 logements/surface habitat (ha)
Cœur d'agglomération	8 845	114	175	210	107
Reste de l'agglomération principale	1 586	39	53	67	26
Agglomération secondaire	356	23	30	36	15
Commune rurale	63	11	14	16	6
<b>Région Île-de-France</b>	<b>907</b>	<b>51</b>	<b>74</b>	<b>84</b>	<b>39</b>

Sources : Insee RGP 1999, laurif Mos 1999

## Évolution de la densité primaire nette en Île-de-France

	Évolution de la densité humaine* entre 1982 et 1999	1982		1999	
		Densité humaine* nette	Part de la population et de l'emploi régionaux	Densité humaine* nette	Part de la population et de l'emploi régionaux
Cœur d'agglomération	- 3,2 %	181	67 %	175	62 %
Reste de l'agglomération principale	+ 1,6 %	53	24 %	53	27 %
Agglomération secondaire	+ 1,1 %	30	6 %	30	7 %
Commune rurale	+ 15,0 %	12	3 %	14	3 %
<b>Région Île-de-France</b>	<b>- 6,6 %</b>	<b>80</b>	<b>100 %</b>	<b>74</b>	<b>100 %</b>

\* Densité humaine nette : population + emploi/surface urbanisée

Sources : Insee RGP 1982-1999, laurif Mos 1982-1999

alors qu'elle augmente légèrement dans tous les autres secteurs (ce qui signifie que la population et l'emploi se sont accrus dans ces secteurs plus rapidement que leurs espaces urbanisés) : à l'échelle régionale, l'évolution semble ainsi inversée par rapport à celle de la plupart de ses secteurs.

Le paradoxe s'explique par le fait qu'au cours de cette période, le desserrement régional de la population et de l'emploi s'est fait au profit de secteurs dont la densité a certes augmenté, mais est restée nettement plus faible que la

moyenne régionale ; c'est donc l'évolution du poids des différents secteurs dans la population et l'emploi régionaux, plus que l'évolution de la densité de chaque secteur, qui explique l'évolution de la densité moyenne régionale. À la différence de Berlin, par exemple, où le gradient de densité décroît nettement moins fortement, ce qui fait que les secteurs périphériques ne vont pas tirer à ce point la densité moyenne vers le bas, même s'ils tendent à prendre plus de poids dans la population et l'emploi régionaux.

## Nouveau retour sur un classique

Sur le graphique de Newman et Kenworthy, Paris et l'Île-de-France mettront sans doute du temps à se rapprocher de Singapour et même peut-être de Berlin. Mais si l'on regarde le graphique d'un peu plus près, on observe qu'une métropole européenne (le Grand Copenhague) affiche une consommation énergétique inférieure de 20 % à celle de l'Île-de-France, malgré une densité inférieure de presque 40 % ; avec, il est vrai un taux de motorisation (nombre de voitures particulières par habitant) inférieur de 25 %.

Autrement dit, dans les relations entre structuration de l'espace urbain et contrainte énergétique, la densité n'est sans doute pas le seul facteur déterminant. Au moins dans le cas du Grand Copenhague, la concentration, le «compactage» des extensions urbaines à proximité des infrastructures de transports collectifs, selon un schéma en doigts de gants sans cesse conforté par la planification régionale depuis 1947, peut apparaître comme un facteur plus déterminant encore.



*Dans le Grand Copenhague, le «compactage» des extensions urbaines à proximité des infrastructures de transports collectifs est un facteur déterminant dans les relations entre structuration de l'espace urbain et contrainte énergétique.*

D.R.

## Première approche de la compacité

Revenons à l'Île-de-France pour éclairer ces relations entre densité, compacité et contrainte énergétique, à partir de l'exemple de l'évolution spatiale des communes rurales.

Au cours des décennies 1980 et 1990, l'extension des espaces urbanisés des communes rurales a entraîné une diminution de 1,5 % de leurs espaces non urbanisés, c'est-à-dire boisés et surtout agricoles. Cette diminution des espaces non urbanisés, en apparence minime, n'en est pas moins problématique s'il s'agit, face à la contrainte énergétique, d'encourager une agriculture vivrière susceptible de raccourcir les circuits de distribution, de développer les biocarburants et la biomasse, de consommer moins d'engrais et donc peut-être de limiter les rendements.

À l'inverse, les espaces urbanisés des communes rurales ont augmenté de 19 %, et leur population a augmenté de 37 %. La densité nette de leurs espaces urbanisés s'est donc fortement accrue, ce qui, face à la contrainte énergétique, semble plutôt satisfaisant.

Cependant l'augmentation du nombre d'actifs a été encore plus forte que celle de la population. Plus nombreux, ces actifs vont en outre travailler plus loin que leurs prédécesseurs. Ainsi, le volume total des navettes (déplacement quotidien domicile-travail), c'est-à-dire le nombre de kilomètres parcourus chaque jour, principalement en voiture particulière, par les actifs résidant dans les communes rurales, a doublé en vingt ans. En dépit d'un accroissement de la densité locale, on obtient donc un plus grand éloignement, un plus grand éparpillement régional – une moins grande compacité régionale. Face à la contrainte énergétique, cette évolution ne semble pas très satisfaisante.

## La ville en doigts de gants : l'exemple de Copenhague



Source : Dansk Byplanlaboratorium, 1947-1993



Source : Hovedstadens Udviklingsråd, 2005

*La continuation conceptuelle de l'aménagement de Copenhague depuis 1947 a permis d'allier efficacement structuration de l'espace urbain et contrainte énergétique.*

Ce qu'on observe pour les communes rurales, on l'observe aussi dans les autres secteurs de notre découpage, bien que cette progression du volume des navettes soit moins spectaculaire. Mais vu leur poids, ces autres secteurs participent en fait beaucoup plus fortement que les communes rurales au desserrement régional. Ainsi l'augmentation du volume des navettes entre 1982 et 1999, à l'échelle régionale, provient





*L'évolution spatiale des communes rurales montre l'importance des relations entre densité, compacité et contrainte énergétique. Vue d'ensemble de bâtiments réhabilités par Logirep (850 m<sup>2</sup> de capteurs solaires sur les toits), entourés de champs de blé.*

B. Raoux/laurif

pour 14 % des communes rurales, mais pour 23 % des «agglomérations secondaires» et pour 35 % des communes de l'agglomération principale hors «cœur d'agglomération».

## Vers une définition de la compacité

Comment définit-on la compacité d'une métropole ? Il n'existe pas de définition unique, et deux grandes familles de définitions sont généralement utilisées en aménagement.

Une première famille de définitions de la compacité tourne autour de la question de la distance moyenne entre un point et tous les autres : la compacité s'oppose alors toujours à l'éloignement. On peut imaginer de nombreuses variantes :

- selon que l'on choisit de s'intéresser à tous les motifs ou à tous les modes de déplacement possibles depuis chaque point, ou seulement à une partie d'entre eux ;
- selon que l'on choisit de considérer la totalité des destinations possibles, ou seulement, par exemple, les 50 %

de destinations les plus proches ou les plus pertinentes pour chaque point. On peut imaginer une métropole théorique de 12 millions d'habitants, formée d'une cinquantaine de pôles urbains rassemblant chacun 250 000 habitants et 100 000 emplois (cas A). On peut aussi imaginer la même métropole, mais deux fois plus dense, c'est-à-dire où chaque pôle urbain occupe une surface urbanisée deux fois plus faible pour un même nombre

d'habitants et d'emplois. Dans ce cas, les bénéfices énergétiques escomptables proviendront plutôt du fonctionnement local : ce qu'on multiplie par deux, c'est par exemple la propulsion, dans chaque pôle urbain, à pouvoir rallier l'école ou la gare à pied plutôt qu'en voiture. C'est aussi l'efficacité thermique des réseaux de chaleur locaux pour le chauffage des quartiers d'habitat ou d'activités (cas B). On peut aussi imaginer la même métropole que la première, mais cette fois-ci deux fois plus compacte. Métropole deux fois plus dense, métropole deux fois plus compacte, et métropole à la fois deux fois plus dense et deux fois plus compacte (cas C).

En comparant les schémas ci-après de deux métropoles A et C, c'est tout simplement la distance moyenne entre un habitant et tous les autres habitants ou emplois qui est divisée par deux. Dans une métropole deux fois plus compacte, les bénéfices énergétiques escomptables proviendront plutôt du fonctionnement global que du fonctionnement local : ce qu'on tend à diviser par deux, «toutes choses égales par ailleurs», c'est par exemple la distance moyenne des navettes domicile-travail. C'est aussi la longueur des circuits



*La réduction de la distance moyenne entre une zone d'activités et une voie fluviale participe à la diminution de l'émission des gaz à effet de serre, Vitry-sur-Seine, Val-de-Marne.*

B. Raoux/laurif

d'approvisionnement des supermarchés depuis les grandes plates-formes logistiques régionales. Ou encore la distance moyenne entre une zone d'activités et une voie fluviale ou un raccordement ferré.

Une seconde famille de définitions de la compacité tourne autour du rapport entre la surface de la tache urbaine et son périmètre ou, pour descendre à l'échelle de l'ilot ou du bâtiment, le rapport entre un volume bâti et sa surface de contact avec l'extérieur. La compacité s'oppose ici non plus à l'éloignement, mais au mitage, à la fragmentation. Le cas C illustre aussi cette seconde famille de définitions, puisque que le linéaire de contact entre le jaune et le bleu y est deux fois plus faible que dans le cas A.

Le cas D illustre l'image du polycentrisme dense et compact que la Région Île-de-France entend promouvoir.

### De la forme au fonctionnement métropolitain

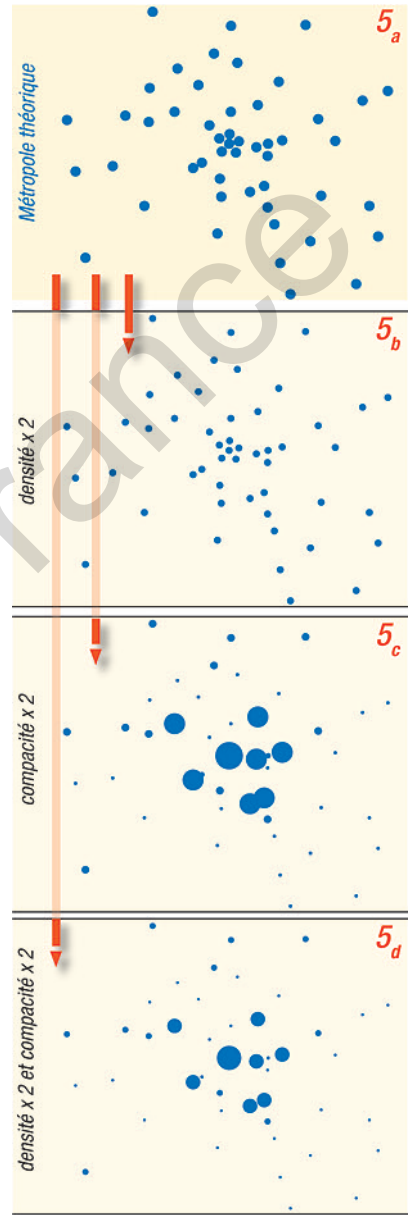
La densité et la compacité ne sont toutefois pas les seuls facteurs de la relation entre structuration de l'espace urbain et contrainte énergétique. D'autres facteurs présentés – la part de ménages propriétaires, la part de ménages en maison individuelle, l'ancienneté du parc, le revenu fiscal par ménage ou le nombre moyen de voitures particulières par ménage – suggèrent une grande variété de profils locaux et donc de réponses spécifiques

La densité et la compacité renvoient essentiellement à la forme métropolitaine. Or, si la forme d'une ville, comme disait Baudelaire, change plus vite que le cœur d'un mortel, elle ne change pas très vite. La forme métropolitaine de l'Île-de-France de 2030 est déjà à 90 % déterminée par celle d'aujourd'hui. Ce qui est beaucoup

moins déterminé, c'est son fonctionnement. On sait par exemple qu'au cours des décennies 1980 et 1990, les distances parcourues en voiture particulière ont augmenté en Île-de-France trois fois plus vite que les espaces urbanisés. La promotion d'un polycentrisme «morphologique», que poursuit l'actuel projet du Schéma directeur de la région Île-de-France dans la lignée des précédents, doit donc s'accompagner d'un approfondissement de la réflexion sur le polycentrisme «fonctionnel» associé à ce polycentrisme morphologique.

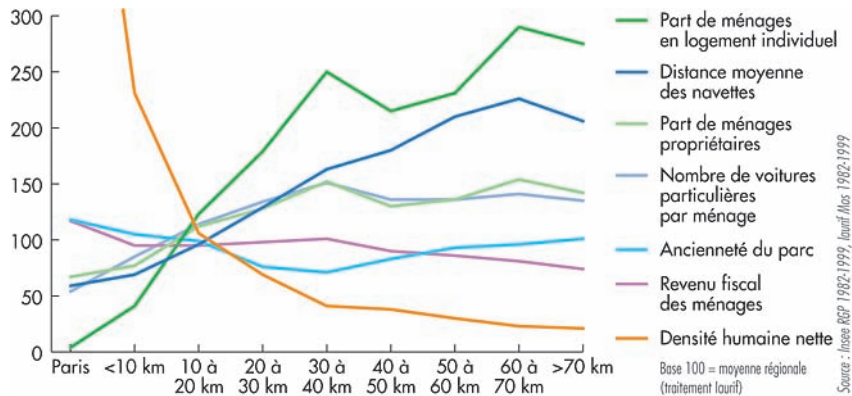
Que penser à cet égard des «objets» polycentriques que l'aménagement du territoire a multipliés, en Île-de-France mais aussi au-delà, toujours censés contrebalancer le pôle principal situé au cœur du système : les pôles restructurateurs de banlieue, les villes nouvelles, les zones d'appui du bassin parisien, les métropoles d'équilibre, sans parler du polycentrisme évoqué pour l'Europe du nord-ouest ? Jamais les relations fonctionnelles de ces objets polycentriques, entre eux comme avec le cœur du système, n'ont été clairement précisées. Comment ces relations se sont-elles finalement établies ? Et comment ont-elles évolué ? De multiples travaux, parmi lesquels ceux du laboratoire Paris, ont tenté de rendre compte de l'évolution spécifique des relations fonctionnelles au

### De la densité à la compacité : essai de définition

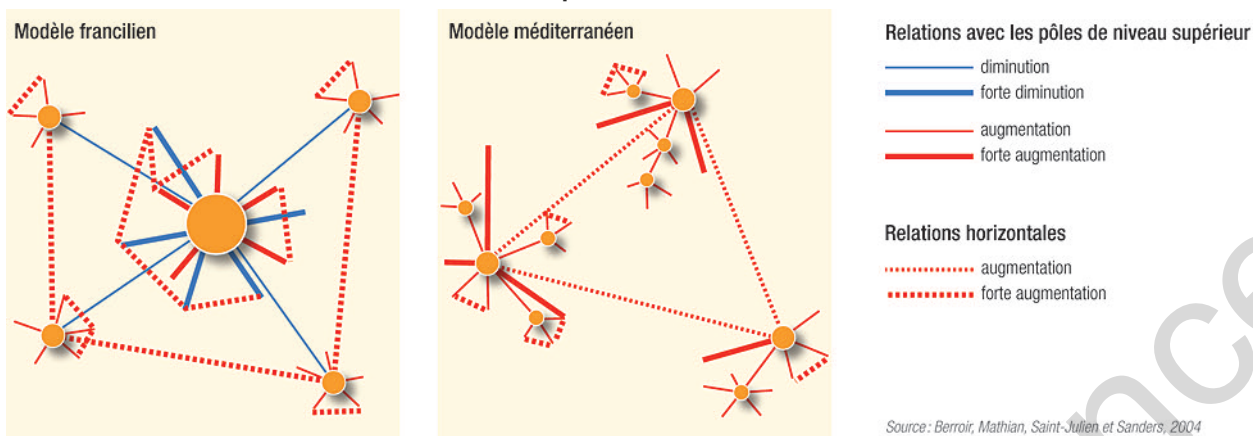


### La structuration de l'espace urbain et la contrainte énergétique

#### Quelques facteurs déterminants, selon la distance au centre de Paris



## L'évolution des relations fonctionnelles de deux métropoles entre 1990 et 1999



sein de la métropole francilienne au cours des dernières décennies. Toutes ont montré la forte diminution des relations « radiales » (entre les pôles secondaires et le pôle principal) et la forte augmentation des relations « horizontales » ou « tangentes » entre pôles secondaires. Or, cette évolution semble en grande partie responsable d'une augmentation de la part de la voiture particulière dans les déplacements en Île-de-France.

Ces tendances sont fort préoccupantes au regard de la contrainte énergétique. Quelques pistes peuvent être esquissées pour tenter de les infléchir. Par exemple :

- formuler des principes de localisation de grands équipements de niveau régional fortement générateurs de déplacements, tels que le Grand Stade en Plaine Saint-Denis, à la fois accessible en transports collectifs depuis l'ensemble de la région et capable de rayonner sur tout le nord francilien ;
- renforcer la structuration de marchés de l'emploi, qui ne jouent pas à la même échelle selon les qualifications, et avec des disparités spatiales très accentuées : le marché régional a un sens pour les cadres supérieurs informaticiens, alors que les marchés sont plus locaux pour les ouvriers ou les personnels de service.



*La localisation de grands équipements, accessibles en transports collectifs, permet d'infléchir les déplacements routiers. Airparif station routière, avenue Wilson, face au Grand stade de France, Saint-Denis, Seine-Saint-Denis.*

B. Raoux/laurif



# Localisation résidentielle et émission des gaz à effet de serre en Île-de-France

Claire Plateau<sup>(1)</sup>

Insee

L'extension urbaine joue un rôle déterminant dans les émissions des gaz à effet de serre. Infléchir les évolutions demandera du temps. Aussi pour aider à la réflexion sur les actions à mener, une étude a été réalisée par le Ceren (Centre d'étude et de recherche économique sur l'énergie) et l'Inrets (Institut national et de recherche sur les transports et leur sécurité) à la demande du ministère de l'Équipement. Elle évalue la quantité de CO<sub>2</sub> émise par les ménages franciliens dans leur logement et pour leurs transports quotidiens et de courte distance (moins de 100 km), en fonction de leur localisation résidentielle<sup>(2)</sup>.

(1) Chef de la division agriculture, Insee, direction générale.

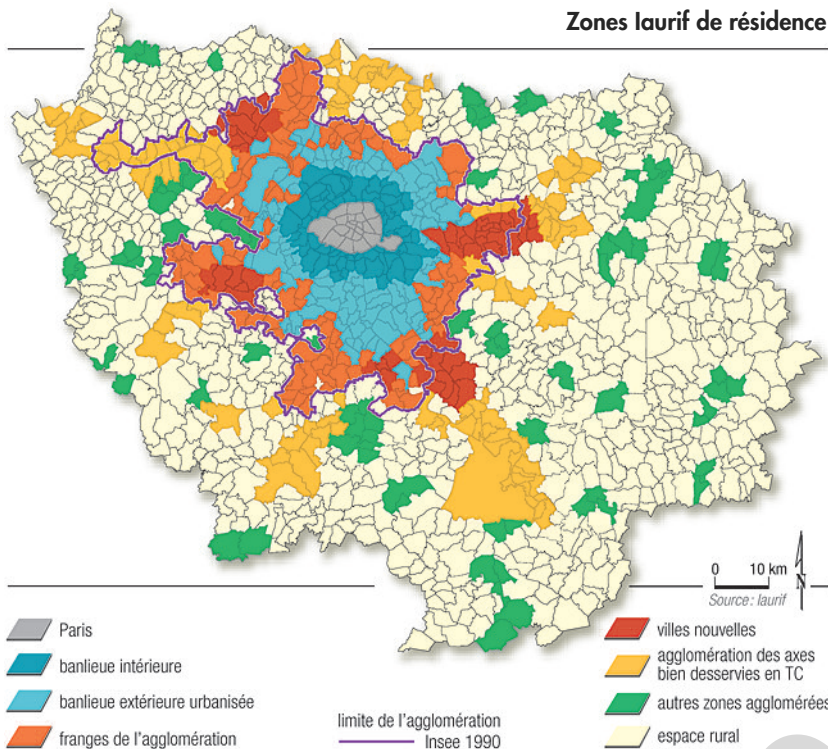
(2) Ces résultats ne mesurent pas l'empreinte écologique, puisqu'ils ne prennent en compte ni les déplacements de longue distance, ni les émissions dues à l'activité productive et à l'approvisionnement.

## Residential location choice and greenhouse gas emissions in Île-de-France

Urban expansion plays a determining role in greenhouse gas emissions, and changing these trends will take time. At the request of the Ministry of Transport, a study has been carried out by the CEREN (Centre for Economic Studies and Research on Energy) and the INRETS (The National Research Institute for Transportation and Transportation Security) to help in determining the actions to put into place. It assesses the quantity of CO<sub>2</sub> emitted in the home and for daily short distance transportation (less than 100 km) according to the residential location of households in Île-de-France<sup>(1)</sup>.

(1) These results do not measure ecological footprint because they take into account neither long distance travel nor emissions due to production and distribution.

## Zones laurif de résidence



### Caractéristiques démographiques et géographiques des zones laurif en 1990

Zone laurif de résidence	Surface en ha (%)	Densité (hab/km <sup>2</sup> )	Part urbain construit (%)	Distance moyenne au centre (km)
Paris	10 532 (1,0)	24 160	75	3,6
Banlieue intérieure	35 515 (3,0)	9 030	77	8,5
Banlieue extérieure urbanisée	78 423 (6,5)	3 630	58	16,0
Franges de l'agglomération	85 801 (7,0)	850	25	23,0
Villes nouvelles	43 695 (3,5)	910	30	26,9
Agglomérations secondaires axes et vallées	126 766 (10,6)	480	15	41,8
Agglomérations secondaires isolées	98 203 (8,0)	290	10	58,2
Communes rurales	729 307 (60,5)	60	2	45,3

Source : Insee - Recensement de la population 1990

Pour les voitures particulières, la méthode Diagnostic énergie environnement des déplacements mise au point par l'Inrets tient compte, au-delà de la distance parcourue, de la classe technologique du véhicule et de l'horaire du déplacement.

B. Raoux/laurif



## Un partenariat Ceren-Inrets pour étudier l'incidence de l'étalement urbain : méthodologie

Les émissions de CO<sub>2</sub> par les résidents pour leurs déplacements quotidiens en Île-de-France sont calculées par la méthode Diagnostic énergie environnement des déplacements (méthode DEED) mise au point par l'Inrets au cours des années 1990 à la demande de l'Ademe. À partir des informations recueillies dans l'enquête globale transport de 1991 pour l'Île-de-France (EGT 91), la consommation d'énergie et les émissions de CO<sub>2</sub> de chaque déplacement renseigné sont calculées en fonction de sa longueur, de sa vitesse et du mode de transport utilisé. Pour les voitures particulières, la méthode tient compte de la classe technologique du véhicule (type de véhicule, cylindrée et âge), mais aussi de la part parcourue à froid et de l'horaire du déplacement. Pour les transports collectifs, elle prend en compte le taux d'occupation des transports collectifs. Le bilan annuel est alors obtenu en ajoutant aux émissions dues à la mobilité quotidienne, celles relatives à la mobilité de week-end, estimées avec l'enquête nationale de transport (ENT) de 1993-1994.

Les émissions de CO<sub>2</sub> par les résidents pour leur logement sont calculées par le Ceren à partir des descriptions fines du parc de logements données par les recensements de 1990 (type de logement, date de construction, surface et type de chauffage) et de sa connaissance des consommations unitaires des logements selon leurs caractéristiques. Les consommations d'énergie liées à l'eau chaude sanitaire, la cuisson et l'électricité spécifique sont évaluées en fonction des caractéristiques des logements. Une fois les consommations établies, les émissions de CO<sub>2</sub> résultantes sont calculées avec les

coefficients de conversion retenus dans l'étude commune Ademe-EDF de 2005 (0,180 kg de CO<sub>2</sub> par kWh pour l'électricité, 0,267 kg/kWh pour le fioul, 0,202 kg/kWh pour le gaz).

Les évaluations sont présentées par ménage ou par personne, sur une année, et sont rapportées au lieu de résidence de l'émetteur. Elles sont ensuite calculées pour les huit zones du découpage dit «morphologique» que l'Iaurif avait définies en 1982 : Paris, ses «banlieues» (banlieue intérieure, banlieue extérieure), et cinq zones périphériques (les franges de l'agglomération urbaine, les agglomérations secondaires des axes et vallées, les villes nouvelles, les agglomérations secondaires isolées, et les communes rurales).

Chacune de ces zones correspond à des densités, des types d'habitat et des réseaux de transport très différents.

## Les disparités spatiales d'émission pour les transports sont plus fortes que pour les logements

En 1990, un Francilien émet 1,9 tonne de gaz carbonique : deux tiers pour les besoins énergétiques de son logement, le reste pour ses transports. Les disparités sont fortes autour de cette moyenne, un Parisien émettant 40 % de moins qu'un habitant d'une commune rurale.

Pour les transports, les émissions de CO<sub>2</sub> par individu croissent continuellement<sup>(2)</sup>, dans un rapport de un à trois, depuis Paris jusqu'aux zones les plus excentrées. Dans celles-ci, les déplacements sont en effet plus longs et effectués plus souvent en voiture car l'offre de transport public y est moins abondante, compte tenu de la faiblesse des densités d'habitat. À noter que les émissions de CO<sub>2</sub> sont relativement élevées dans la banlieue extérieure mal-



Les familles s'éloignent des centres pour acquérir des logements de taille adéquate et adaptée à leur budget. Lotissement HLM en bois, Ormesson-sur-Marne, Val-de-Marne.

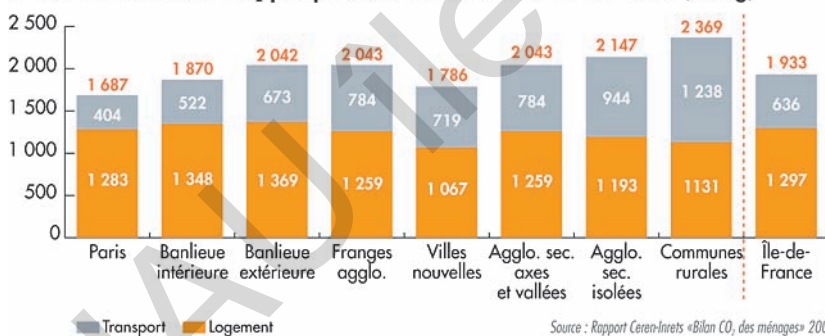
B. Raoux/Iaurif

gré sa relative proximité du centre : l'utilisation de la voiture y est fréquente avec des démarrages à froid nombreux à cause de l'encombrement des voies de circulation.

Les émissions de CO<sub>2</sub> par logement sont en revanche moins dispersées et n'augmentent pas continuellement quand on s'éloigne du centre vers la périphérie. Elles sont 50 % plus élevées en moyenne dans la banlieue extérieure qu'à Paris car les logements y sont de plus grande taille, chauffés plus souvent au fioul et moins souvent à l'électricité. Elles diminuent ensuite au delà car le parc de logements est plus récent et l'utilisation de l'électricité comme énergie de chauffage plus fréquente. Rapportées à la personne,

(2) À l'exception des villes nouvelles.

### Émissions totales de CO<sub>2</sub> par personne en Île-de-France en 1990 (en kg)



Source : Rapport Cereon-Inrets «Bilan CO<sub>2</sub> des ménages» 2005

### Bilan individuel journalier dans les transports en Île-de-France en 1990

Zone Iaurif de résidence	Répartition population francilienne (%)	Distance parcourue (km)	Répartition par mode de transport en % des distances parcourues				Émissions de CO <sub>2</sub> (gramme)
			Véhicule particulier		Transport collectif	Marche, vélo	
			Chauffeur	Passager			
Paris	18	16	29	7	55	9	1 177
Banlieue intérieure	27	19	39	9	45	7	1 685
Banlieue extérieure urbanisée	26	25	43	10	43	5	2 236
Franges de l'agglomération	8	29	49	9	38	4	2 726
Villes nouvelles	7	29	44	11	41	5	2 421
Agglomérations secondaires axes et vallées	8	33	43	9	44	4	2 599
Agglomérations secondaires isolées	3	37	51	13	32	4	3 256
Communes rurales	4	37	60	14	23	3	3 883

Source : Enquête globale transport (EGT), 1991, estimation Inrets 2005

Nota : les déplacements domicile-travail ne sont qu'une composante de l'ensemble des déplacements. À Paris, en semaine, les déplacements se font sur des distances plus courtes qu'en fin de semaine, et en transport en commun (moins émetteurs de CO<sub>2</sub> par individu que les voitures particulières). Les habitants des communes rurales utilisent davantage les voitures particulières, et sur des distances plus longues.



## Récapitulatif des principales données concernant les logements de la région Île-de-France en 1990

Zone laurif de résidence	Part logements construits après 1975 (%)	Part logements chauffés au fioul (%)	Part logements chauffés à l'électricité (%)	Émissions de CO <sub>2</sub> par logement (kg)	Part fioul dans les émissions de CO <sub>2</sub> (%)	Part électricité dans les émissions de CO <sub>2</sub> (%)	Nombre personnes par logement	Émissions CO <sub>2</sub> par personne (kg)
Paris	11	13	35	2 463	18	9	1,9	1 284
Banlieue intérieure	17	27	20	3 222	34	4	2,4	1 348
Banlieue extérieure	21	28	16	3 711	35	4	2,7	1 368
Franges de l'agglomération	32	24	23	3 627	31	6	2,9	1 258
Villes nouvelles	63	10	27	3 330	13	8	3,1	1 068
Agglomérations secondaires axes et vallées	31	20	23	3 575	26	6	2,8	1 259
Agglomérations secondaires isolées	32	24	29	3 411	30	8	2,9	1 192
Communes rurales	35	36	36	3 314	48	12	2,9	1 129

Source : Rapport Ceren-Inrets «Bilan CO<sub>2</sub> des ménages», 2005

les émissions sont encore beaucoup moins différentes d'une zone à l'autre car la surface de logement par habitant (qui est le premier facteur explicatif de la dispersion des émissions) varie peu quelle que soit la localisation. Les familles s'éloignent en effet des centres pour acquérir des logements de taille adéquate et adaptée à leur budget.

### Les émissions globales n'augmentent pas continûment avec l'éloignement au centre

Le bilan global d'émission de CO<sub>2</sub> logement-transport de chaque individu ne s'alourdit pas toujours continûment avec l'éloignement au centre. Il atteint son plafond dès la banlieue, puis reste à peu près constant malgré l'allongement de la distance au centre. Il est maximal en banlieue intérieure et extérieure où se cumulent des émissions pour le transport élevées du fait d'une utilisation de la voiture plus intensive qu'à Paris, et des émissions par individu pour le logement les plus



Les émissions de CO<sub>2</sub> dans les logements peuvent être diminuées grâce à l'installation de capteurs solaires sur le toit.

B. Raoux/Laurif

importantes de l'Île-de-France. En effet la surface de logement par individu y est plus élevée qu'à Paris ; le parc de logements est plutôt ancien, comprend davantage de maisons individuelles et utilise souvent des énergies fossiles pour le chauffage. Le bilan global se maintient à ce niveau dans le périurbain, qui est certes plus loin du centre que la banlieue, mais qui bénéficie d'un parc de logements moins ancien et plus souvent chauffé à l'électricité, si bien que le supplément d'émission par les transports est compensé par de moindres émissions dans les logements.

### L'exception des villes nouvelles

Les villes nouvelles sont le produit d'un aménagement volontaire et maîtrisé de l'espace urbain, avec un habitat récent et diversifié, un bassin d'emploi, et d'importants réseaux de transports collectifs orientés vers Paris. Malgré leur éloignement du centre, les émissions de CO<sub>2</sub> par habitant d'une ville nouvelle sont supérieures de seulement 6 % à celle d'un Parisien. Elles sont inférieures à celles de zones périurbaines situées à des distances comparables de Paris, à la fois dans les logements et dans les transports. Les émissions par individu pour les transports sont supérieures de seulement 80 % à celle d'un Parisien, et les émissions de chauffage par habitant sont inférieures de 17 % à celles de



Malgré leur éloignement du centre, les villes nouvelles ont des émissions de CO<sub>2</sub> par habitant supérieures de 6 % à celle d'un Parisien.

B. Gegouff/Laurif

### Émissions de gaz à effet de serre par personne (en kg de CO<sub>2</sub>)

	Paris	Banlieues	Périphérie
Logements	1 283	1 358	1 240
Transports	404	593	804
<b>Ensemble</b>	<b>1 687</b>	<b>1 951</b>	<b>2 044</b>

Source : Rapport Ceren-Inrets «Bilan CO<sub>2</sub> des ménages», 2005

Paris. Le parc de logements a été en effet construit pour les deux tiers après 1975. Il y est plus récent, et est souvent collectif (mis à part celui de Sénart), équipé rarement de chauffage au fioul (10 % du parc) mais souvent de chauffage électrique (27 % du parc).

### L'évolution des émissions des transports jouera un rôle déterminant dans les années à venir

Les émissions de CO<sub>2</sub> des logements dépendent des caractéristiques du parc de logements qui évoluent lentement sous l'effet de la construction neuve et des améliorations de l'habitat existant : isolation et remplacement des appareils de chauffage. En revanche, celles liées au transport peuvent changer beaucoup plus rapidement, avec le développement de nouveaux bassins d'emploi, de l'infrastructure routière et de transports en commun.

Ainsi, entre 1990 et 1998, les disparités spatiales entre zones se sont renforcées dans la région de Lille. Un ménage du périurbain y émet 1,7 fois plus qu'un habitant de Lille ou Roubaix en 1998, alors que cet écart n'était que de 1,4 en 1990. L'amélioration des performances énergétiques des logements, dont l'effet a toutefois été atténué par l'augmentation des surfaces par habitant, n'a pas été suffisante pour contrebalancer l'accroissement de la mobilité et cela malgré des moteurs aux rendements de plus en plus performants.

Difficilement généralisable à d'autres régions, ce résultat attire néanmoins l'attention sur le rôle central que pourraient jouer les transports dans les évolutions des émissions de CO<sub>2</sub> dans les années à venir.

### La complexité des liens entre émissions de CO<sub>2</sub> et positionnement dans l'espace

L'interprétation des disparités spatiales constatées devra être faite avec prudence. Elle ne saurait être imputable uniquement à l'étalement urbain, d'autres facteurs pouvant les expliquer comme la disparité des revenus, ou la position dans le cycle de vie (actifs, retraités). Ne sont pas pris en compte aussi les déplacements à longue distance qui jouent un rôle important dans le bilan global des émissions. Ils représentent pourtant une part importante des déplacements en voiture des ménages des zones centrales. Ils se développent beaucoup plus vite que les déplacements quotidiens, sont davantage liés aux loisirs et dépendent de ce fait plus fortement du revenu. Il serait nécessaire d'étudier dans quelle mesure ils dépendent de la zone d'habitation. Un habitat dense, dans les villes-centre engendre-t-il un besoin d'évasion plus grand, et de ce fait de déplacements à longues distances qui tempèrent les bons résultats des zones centres ? Ou bien est-ce simplement une question de revenu, sans lien direct avec la localisation ?



*Les transports vont jouer un rôle central dans les évolutions des émissions de CO<sub>2</sub>. Bus fonctionnant au diésel-colza, Seine-et-Marne.*

B. Raoux/Laurif



B. Raouf / Aurif

## Énergie, réseaux et formes urbaines

Mindjid Maïza<sup>(1)</sup>

Université de technologie de Compiègne

Chercher à réduire les consommations énergétiques dans le secteur résidentiel et tertiaire par tous les moyens disponibles est aujourd'hui une priorité : de l'échelle du bâtiment à l'échelle urbaine, les leviers sont nombreux. Qu'ils soient d'ordre organisationnel ou technologique, ils ne sont pas exclusifs les uns des autres (mais peuvent parfois le devenir) et peuvent s'intégrer assez facilement si l'on comprend comment fonctionne le système urbain dans sa dimension énergétique.

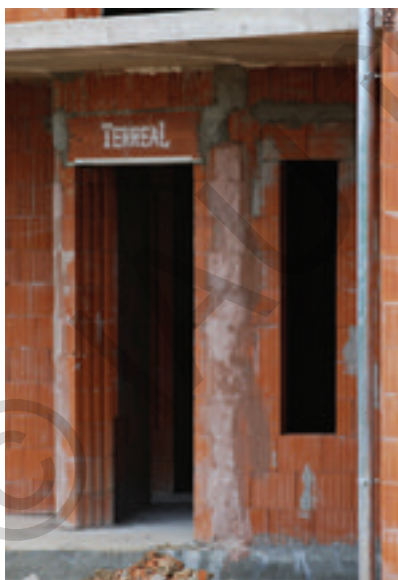
### *Energy, networks and urban form*

*Today, it is a priority to reduce energy consumption in the residential and service sectors by any means available: from the scale of a single building to that of the entire city, the means are numerous. Organizational and technological solutions are not mutually exclusive (but can sometimes become so), and their implementation may be relatively simple if we can understand how the energy dimension of the urban system functions.*

(1) Maître de conférences à l'université de technologie de Compiègne, Département génie des systèmes urbains.



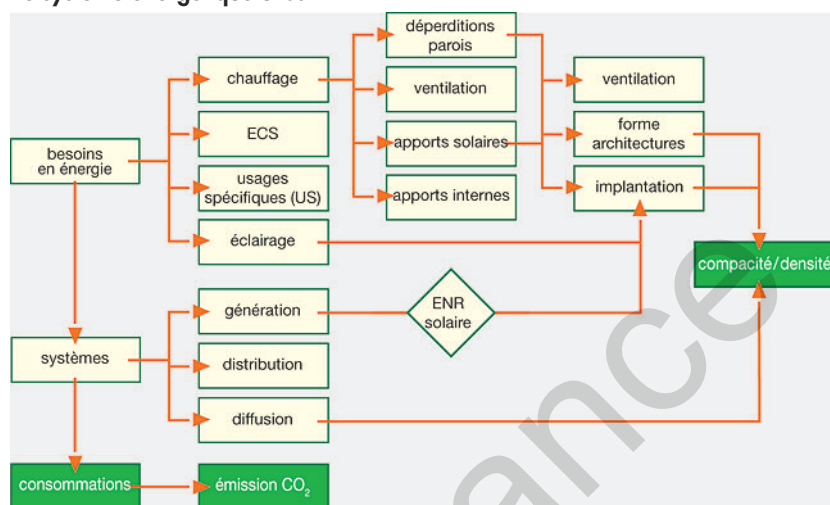
Le discours dominant dans ce domaine se focalise fréquemment sur les solutions architecturales ou urbaines, avec un appel à des références fortes et parfois peu pertinentes lorsqu'on les applique aux contextes locaux. Ces solutions peuvent négliger les configurations particulières du bâti existant, la valeur patrimoniale des constructions, etc., et favoriser des solutions quelque peu standardisées (par exemple, le bâti totalement isolé orienté vers le sud et équipé de divers dispositifs de production d'énergie). Privilégier ces solutions revient souvent à réduire la question énergétique à une question technologique sur le bâtiment neuf, alors que les principaux enjeux se situent dans un parc existant très peu dynamique. Cela revient aussi à nier la complexité de la question énergétique (ou de la simplifier à outrance) autant que celle du système urbain auquel elle s'applique.



Les déperditions par l'enveloppe dépendent principalement des matériaux employés dans la composition de l'enveloppe et de ses dimensions surfaciques. Pavillon en construction en briques alvéolaires Terréal, Houdan, Yvelines.

B. Raoux/laurif

## Le système énergétique urbain



Source : Mnaïd Maïza

## La complexité du système énergétique urbain

Le système énergétique est un système complexe qu'il est indispensable de comprendre dès l'échelle du bâtiment si l'on veut agir sur sa dimension urbaine. Cela permet d'identifier de nombreux leviers qui permettent de réduire considérablement les consommations énergétiques et/ou (ce qui n'est pas automatique) les émissions de CO<sub>2</sub>.

Pour simplifier, le système énergétique se compose de deux volets :

- un sous-système qui exprime les besoins énergétiques ;
- un sous-système qui répond à ces besoins.

Dans le cas du chauffage (poste d'enjeu majeur puisqu'il représente à lui seul en moyenne 70 % des consommations dans un logement), le premier volet dépend de la balance entre ce qui est perdu par l'enveloppe et par la ventilation, et ce qui est gagné «gratuitement» grâce aux apports dus à l'usage (occupation, matériels, etc.) et au rayonnement solaire qui s'infiltré principalement par les ouvertures du bâtiment. Le bilan pour le chauffage est donc le déficit énergétique induit par la balance des déperditions et des apports. Les autres besoins (usages

spécifiques et éclairage) dépendent du taux d'équipement et du nombre de personnes que le bâtiment abrite.

Les déperditions par l'enveloppe dépendent principalement de deux sous-composantes : d'une part des matériaux employés dans la composition de l'enveloppe, d'autre part de ses dimensions surfaciques et donc de la forme architecturale et des choix urbains faits en amont. Les apports solaires dépendent quant à eux de l'orientation des ouvertures du bâtiment, et donc des partis architecturaux et urbains. Les deux leviers disponibles à l'échelle urbaine sont donc la surface de l'enveloppe et l'orientation des bâtiments. Mais le potentiel d'économies d'énergie lié à ces deux leviers est fortement corrélé aux autres moyens d'action disponibles à l'échelle du bâtiment : le taux de vitrage et la composition matérielle de l'enveloppe. Par exemple, l'exploitation des gisements solaires peut s'avérer inutile lorsque les niveaux d'isolation sont tels qu'ils peuvent s'équilibrer avec les apports internes.

Le second volet censé couvrir les besoins énergétiques précédents concerne le sous-système technique de production, de distribution et de diffusion de l'énergie. L'efficacité de ce dispositif technique par rapport aux



La forme urbaine (enveloppe et orientation) est un des leviers disponibles pour réduire les consommations d'énergie. Immeubles de la fin des années 1970, en solaire collectif et verrières, rue Beethoven, Guyancourt, Yvelines.

B. Raoux/laurif

besoins dépend avant tout du rendement de la réponse qu'il apporte. Chaque élément de ce vecteur (production, distribution et diffusion) possède son propre rendement. L'élément de diffusion (le radiateur ou le convecteur pour le chauffage) dépend de choix réalisés à l'échelle du bâtiment. Quant aux deux autres, ils peuvent être considérés comme des leviers urbains.

### La définition des notions et la détermination des leviers disponibles pour réduire les consommations d'énergie

À l'échelle urbaine, deux familles de leviers sont donc disponibles : d'une part, celle qui concernent la forme urbaine (enveloppe et orientation), d'autre part celle qui se rapporte aux dispositifs de réponse aux besoins énergétiques (production et distribution de l'énergie). Pour approcher les premiers, à savoir appréhender le mieux possible la surface déperditive du bâti, l'urbanisme a tenté de réduire cette question à un indicateur lui étant

familier : la densité. Mais cet indicateur pose d'importants problèmes qui réduisent substantiellement son opérationnalité dans le domaine du génie énergétique.

En effet, la densité urbaine rapporte les quantités à une unité de surface horizontale (le sol, le plancher) alors que l'enveloppe concerne principalement les surfaces verticales du bâti. Approcher le problème de l'enveloppe du bâti par la densité n'est possible que par une corrélation empirique. Cette approximation est permise lorsqu'elle est encadrée rigoureusement de deux bornes scalaires : l'échelle macroscopique (celle de la géographie) ou l'échelle microscopique de la parcelle (celle de la morphologie des bâtiments). Aux échelles mésoscopiques du quartier et de l'opération urbaine de taille usuelle, la densité n'est corrélée à la surface d'enveloppe qu'à partir d'un seuil difficilement déterminable. En effet, les formes urbaines ne sont fortement contraintes qu'à partir d'une surface de plancher minimale qui augmente les probabilités d'une implantation avec de fortes mitoyennetés (et donc une garantie de surfaces d'enveloppe réduites). En deçà de cette surface de plancher, l'implantation est plus libre et rien ne garantit une forte contiguïté du bâti.

Ces raisons conduisent à préférer des indicateurs comme la contiguïté ou, mieux, comme la compacité globale. Cette compacité est une forme de densité qui rapporte la surface d'enveloppe au volume que celle-ci abrite, ces deux notions ayant un sens bien plus approprié d'un point de vue thermique. Évaluer la compacité d'un tissu urbain revient à quantifier la surface d'enveloppe relativement au volume chauffé (cet indicateur est généralement adimensionnel) : toute chose égale par ailleurs du point de vue de la densité et des matériaux employés, les chances que le tissu soit déperditif

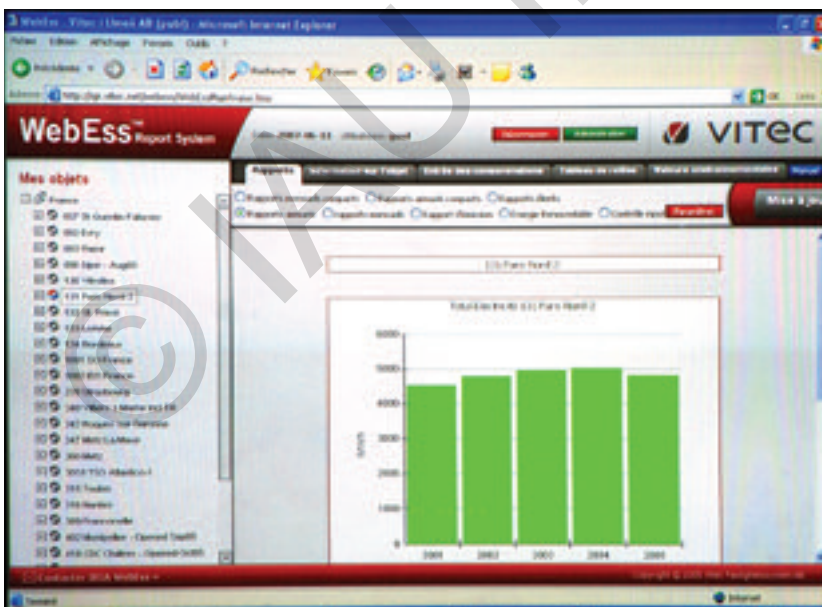


Tableau de mesure des consommations de chauffage du site sur plusieurs années, IKEA, Villepinte, Seine-Saint-Denis.

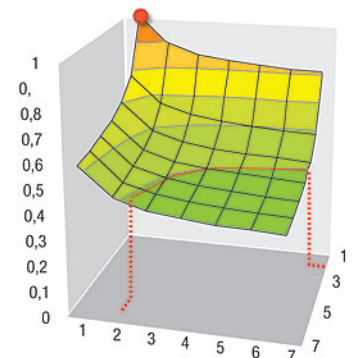
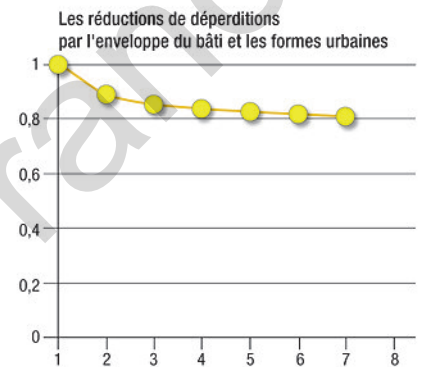
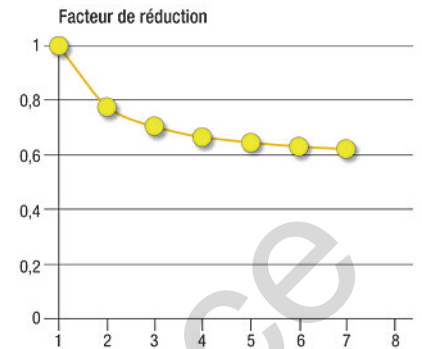
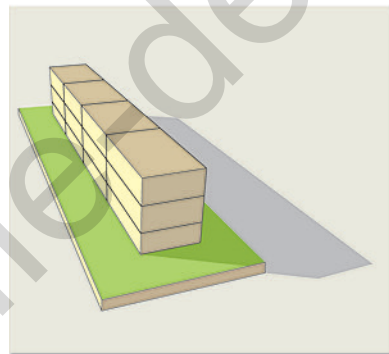
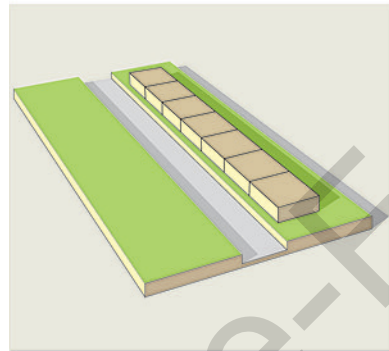
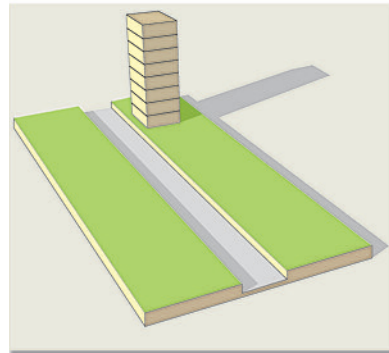
B. Raoux/laurif

seront d'autant plus importantes que ce rapport sera grand. Outre sa pertinence en termes énergétiques, cet indicateur évite les ambiguïtés de la densité et demeure simple à calculer et à saisir.

### Les économies par l'enveloppe du bâti : un gisement morphologique

À matériaux comparables, augmenter la compacité à l'échelle urbaine permet donc de réduire significativement les déperditions par les parois du bâti. Si l'on examine diverses solutions, ici extrêmement simplifiées, il est assez aisé de quantifier les économies effectives induites par une augmentation de cette caractéristique. Par logement, le gain énergétique sur les déperditions à travers les parois croît progressivement en fonction de la hauteur. D'un rez-de-chaussée à un R+1 ou un R+2, le gain s'élève respectivement de 20 à 30 %. Au-delà de R+3, il se stabilise très rapidement à moins de 40 %. D'une manière analogue, ranger en bande deux ou trois habitations (ou bâtiments de bureaux) permet de réduire d'environ 10 à 15 % les déperditions par l'enveloppe. Au delà de quatre unités en bande, ce gain augmente peu et ne dépasse pas 20 %. Si l'on représente donc les gains engendrés par une augmentation de la compacité globale du tissu en fonction du nombre d'étages et du nombre de mitoyennetés, on s'aperçoit qu'un aménagement de bâtis en bande de longueur assez réduite et de deux étages environ suffit pour minimiser les déperditions par les parois. À la différence des solutions en hauteur, l'aménagement en bande, lorsqu'il est peu contraint en termes d'orientation, permet en outre de bénéficier des apports solaires gratuits.

### Les réductions de déperditions selon l'enveloppe du bâti et les formes urbaines



Source : Miroslav Muzina

Il faut noter à ce stade que tous les gains signalés ici sont réalisés à matériaux analogues. Lorsque les bâtiments sont extrêmement isolés, les valeurs absolues de ces gains peuvent devenir assez faibles et peuvent être considérés comme dérisoires. Rappelons cependant que toutes les économies sont les bienvenues, qu'une forte compacité permet de réduire les efforts d'isolation sur les mitoyennetés (et donc de réduire la quantité d'énergie incorporée dans les matériaux), et enfin que ces mitoyennetés constituent à l'échelle urbaine une source d'économies qui complète les réglementations et les solutions à l'échelle du bâtiment.



Chauffage urbain par la géothermie, STHAL, Melun, Seine-et-Marne.

B. Raoux/Laurif

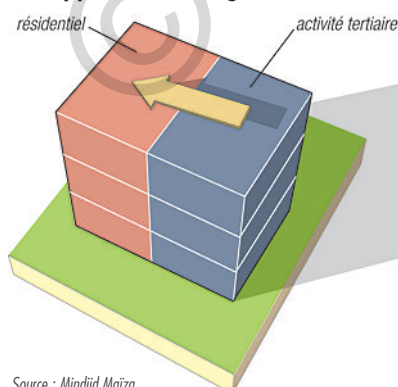


## La mutualisation des apports internes : un gisement fonctionnel

Au-delà des seuls effets morphologiques, la compacité est une notion qui peut être enrichie d'une dimension fonctionnelle. En effet, des bâtiments qui n'abritent pas les mêmes fonctions produisent des apports énergétiques internes gratuits inégaux (dans le temps et en quantités), bien plus importants avec les activités tertiaires. La contiguïté d'activités de nature différentes peut ainsi permettre de mutualiser les productions d'énergie et d'optimiser le dimensionnement des systèmes de réponse (en tenant compte des difficultés liées à la gestion de tels systèmes, notamment celles relatives à l'affichage individualisé des consommations).

On peut ainsi parler de « compacité fonctionnelle » lorsqu'on permet à deux ou plusieurs usages distincts de se côtoyer. Les compacités fonctionnelles permettent d'augmenter les surfaces d'échange entre des bâtiments dont les usages diffèrent. Elles permettent aussi d'organiser l'implantation des fonctions dans le tissu urbain : les usages fortement producteurs d'énergie interne (les bureaux principalement) ne nécessitent pas ou peu d'apports solaires, et peuvent donc être orientés vers le nord, à l'inverse des habitations. La mutualisation permet

### Les apports internes gratuits



Source : Mindjid Maiza

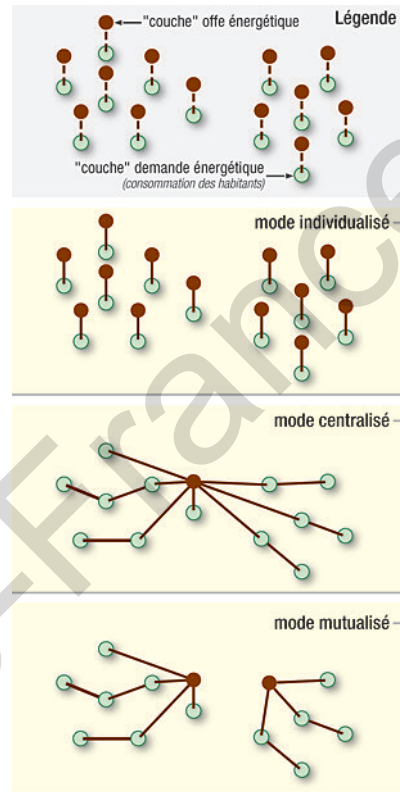
également de jouer sur la ventilation naturelle (ou les systèmes à double flux) grâce à des configurations favorisant des circulations d'air traversant (des bureaux vers les logements et vice versa). Enfin, la mixité des fonctions permet d'optimiser la taille des systèmes de production : les usages étant différemment répartis dans le temps, les appels de charges (l'énergie appelée pour répondre aux besoins) sont plus lisses et mieux répartis dans la journée et les saisons.

## La mutualisation de la production : les enjeux de la distribution en réseau

Rendre plus compacts les tissus urbains facilite en outre la mise en réseau des unités de consommation (les bâtiments). En effet, un tissu compact admet des réseaux de distribution de longueur réduite et permet une gestion centralisée ou semi-centralisée de la production. Les avantages de tels modes de production et de distribution de l'énergie sont nombreux. Les rendements sont globalement assez satisfaisants et il est possible d'optimiser la production d'énergie en fonction des différentiels de la demande. Au lieu de subir une somme de demandes ponctuelles d'énergie comme dans les configurations individualisées, on répond à une combinaison de demandes qu'il devient moins difficile d'optimiser.

Lorsque l'on regarde les enjeux de telles solutions à des horizons plus lointains (vingt ou cinquante ans), les configurations mutualisées (pas forcément centralisées) permettent d'améliorer plus facilement les rendements globaux, principalement de production. En effet, au-delà de l'amélioration des performances de l'enveloppe des bâtiments, la réduction progressive des consommations des unités

## Les divers modes de production et de distribution d'énergies renouvelables à l'échelle urbaine : individualisé, centralisé et mutualisé



Source : Mindjid Maiza

bâties est tributaire du rythme du changement par chaque foyer de ses équipements (chaudière, canalisation, diffuseurs). Or, ce rythme est conditionné par la durée de vie de l'équipement : si celle-ci est de vingt ans, il faut attendre un cycle de cet ordre pour les remplacer dans leur totalité. Dans une configuration en réseaux, le renouvellement peut être bien plus rapide : un saut technologique en matière de production peut être immédiatement transmis à l'ensemble des unités de consommation connectées. L'amélioration des rendements se diffuse de manière plus homogène dans le tissu urbain et se trouve moins conditionnée par les logiques individuelles et fortement diversifiées de chaque foyer. De manière analogue, la substitution vers des énergies à faible contenu carbone (comme le bois, ou dans une certaine mesure la géothermie en grande profondeur)

est généralisable à des échelles bien plus importantes que toutes solutions individualisées. Les sauts en termes de réduction d'émissions de gaz à effet de serre sont ainsi plus spectaculaires et plus facilement maîtrisables par des actions locales.

### L'exploitation des gisements énergétiques urbains par la mutualisation des ressources

Mutualiser ne signifie pas exclusivement distribuer à travers un réseau une énergie produite par une centrale de production physiquement identifiée et localisée en un point précis de l'espace urbain. Le milieu urbain regorge de gisements énergétiques non exploités : sur ses pans de façades ou ses toitures rayonne de l'énergie solaire, dans ses sous-sols séjournent des gisements géothermiques importants (particulièrement dans les milieux occupés par des infrastructures souterraines ou des nappes phréatiques), et on trouve même de la chaleur dans ses réseaux d'assainissement. Ces gisements peuvent être exploités par des unités isolées afin de répondre à des besoins énergétiques individuels. Mais, combinées et mises en réseau, ces unités peuvent former de véritables «centrales décentralisées» de production d'énergie, à condition qu'elles soient peu distantes les unes des autres. L'exemple le plus connu est la production individualisée d'énergie électrique à partir de dispositifs photovoltaïques, dont la production est dirigée vers le réseau électrique pour être à nouveau redistribuée vers chaque unité de consommation.

Il existe donc des gisements disponibles à l'échelle urbaine qui proviennent non plus d'une économie (comme celle que procure une forte compacité), mais de véritables ressources énergétiques qu'il s'agit de mutualiser



*De véritables ressources énergétiques sont disponibles à l'échelle urbaine qu'il s'agit de mutualiser à travers des mini ou micro-réseaux de distribution. Turbine de cogénération, Semhach<sup>(2)</sup>, Val-de-Marne.*

B. Raoux/Laurif

à travers des mini ou micro-réseaux de distribution. Cette mutualisation a en outre l'avantage non négligeable de réduire le transport d'énergie en se fondant sur le rapprochement de l'offre (la production) et la demande (les besoins). Elle suppose des choix urbanistiques rigoureux et permet aux acteurs de l'urbain un plus grand contrôle de leurs politiques énergétiques, tout en profitant de la multiplication des opérateurs qui s'amorce dans ce domaine.

Ce rapide survol des enjeux énergétiques à l'échelle urbaine peut être synthétisé en trois points :

- les solutions prédéfinies pour réduire les consommations d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre sont incompatibles avec la complexité du système urbain dans sa dimension énergétique (et dans toutes ses autres dimensions) ;
- les gisements disponibles à l'échelle urbaine sont nombreux, ils sont autant morphologiques que fonctionnels ;
- enfin, le milieu urbain possède de nombreuses ressources qu'il devient urgent d'exploiter par des modes de mutualisation originaux (en production comme en distribution).

Cette nouvelle manière d'appréhender la question énergétique des villes donne à nouveau la main aux acteurs de l'urbain. Au-delà de la question technologique, elle permet d'identifier les nouveaux défis et de proposer des réponses de l'«urbanisme», dans sa dimension opérationnelle comme politique.

(2) Semhach : Société anonyme d'économie mixte pour la gestion de la géothermie à Chevilly-Larue et l'Hay-les-Roses.

### Références bibliographiques

- Maizia Mindjid (2007), *Pompes à chaleur et habitat : Prospective des consommations d'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub> dans l'habitat : les gisements offerts par les pompes à chaleur*, Cahiers du CLIP n° 18
- Maizia Mindjid (2002), *Outils de simulations dans le bâtiment et le génie urbain : vers une approche intégrée ? Modélisation et systèmes urbains : une construction difficile*

## La gestion de l'espace : formes urbaines, densités et enjeux énergétiques

Table ronde animée par **Véronique Lamblin**

Directrice d'études, prospective et stratégie  
Groupe Futuribles

Pour ce débat, nous retrouvons  
**Jean-Pierre Traisnel**, directeur  
de recherche au CNRS, **Christophe Dalin**,  
chef du groupe pratiques urbaines  
au Centre d'études sur les réseaux,  
les transports, l'urbanisme  
et les constructions publiques (Certu),  
**Bernard Decomps**, directeur  
de la stratégie du pôle ville et mobilité  
durables de Marne-la-Vallée,  
**Max le Nir**, directeur du service  
géologique Île-de-France au bureau de  
recherches géologiques et minières (BRGM),  
**Dominique Sellier**, chargé de mission  
à l'Arene et **Hervé Levifve**,  
chargé de projet à l'agence de  
mobilité de la Ville de Paris.

**L**a table ronde s'articule autour de la gestion de l'espace  
et des économies d'énergie à travers trois thématiques liées  
aux différentes échelles urbaines :

- l'échelle du quartier : les éco-quartiers ;
- le développement durable de l'aire urbaine ;
- l'organisation fonctionnelle à consommation énergétique  
réduite au sein de l'agglomération.

L'étalement urbain constitue-t-il aujourd'hui un problème,  
tant en termes de consommation d'espace qu'au niveau social  
et économique, au regard des nouveaux enjeux énergétiques ?  
Quelles solutions à la progression du coût du foncier en zone  
urbaine dense ? Quel type de nouvelle forme urbaine ?  
Quels acteurs, quels outils, quelles ressources financières  
pour innover et répondre aux exigences du Facteur 4 ?  
Quel impact de la végétation, de l'eau sur les températures  
et quels enseignements en tirer pour la planification urbaine ?

Grâce à des apports solaires et une nette  
amélioration des niveaux d'isolation,  
le projet de Fontarabie-Frequel (Paris, XX<sup>e</sup>)  
démontre qu'il est possible d'atteindre  
des niveaux énergétiques très performants  
dans le cadre de la densification  
d'un centre ancien.

Eva Samuel et associés, architectes





## L'échelle du quartier : les éco-quartiers

L'idée des éco-quartiers est de traiter dans une démarche systémique les questions de logement, de transport, d'énergie, d'eau et de déchets, afin d'aller au-delà des potentiels technologiques et de travailler sur les effets de la structure urbaine.

Pour atteindre le Facteur 4, il faut à la fois travailler sur les questions de logement et sur le transport dont les potentiels d'amélioration sont très différents. En effet, sur l'habitat, une fois le Facteur 4, voire même 8, atteint, il ne resterait qu'un potentiel très faible pour compenser les problèmes non résolus au niveau des transports. D'où l'idée des éco-quartiers pour traiter ces deux aspects simultanément.

### Des exemples français

**Le projet de Fontarabie-Frequel**, dans le XX<sup>e</sup> arrondissement de Paris, associe réhabilitation, et construction de bâtiments neufs dans le cadre de la dédensification d'un centre ancien. Il démontre qu'il est possible, tant sur la réhabilitation que sur le tissu dense, d'atteindre des niveaux énergétiques très performants en associant des apports solaires et une nette amélioration des niveaux d'isolation.

**Dans l'exemple de la ZAC du Raquet dans le Douaisis**, il s'agit de créer un quartier neuf en conservant les paysages agricoles et naturels, et en gérant les eaux pluviales avec un objectif de zéro rejet dans le réseau.

### Des exemples scandinaves

**Le quartier Hammarby** (Suède) ancienne friche industrielle, a mis en place un dispositif technique de régénération des eaux usées et des biodéchets et du recyclage des déchets avec des objectifs de production énergétique très ambitieux. La très forte coopération obtenue entre les différents

acteurs des services urbains, eau, énergie, déchets, administration municipale a permis la réussite du projet.

**Malmö** (Suède) en tissu très dense, a pour objectif de produire, en autarcie, 100 % d'énergies renouvelables et d'alimenter le réseau de chauffage urbain par la géothermie marine, le solaire et l'éolien.

**Vesterbro** (Danemark) a voulu faire du quartier, à l'occasion de sa rénovation complète, une vitrine sur la mise en œuvre de différentes technologies liées aux énergies renouvelables.

Ces démonstrations scandinaves, très largement subventionnées par les États, ou même par l'Europe ont permis la promotion voire l'exportation de technologies liées aux énergies renouvelables, que ce soit en Suède ou au Danemark.

Quel est l'enseignement des expériences scandinaves ?

- il n'y a pas d'expérience sans un portage politique très fort autour de l'idée du développement urbain durable ;
- l'idée de reconvertir des friches urbaines est privilégiée avec souvent l'optique de refaire la ville sur la ville ;
- il faut dès le départ une bonne planification des équipements et des infrastructures de transport qui irrigueront le quartier ;
- à la différence des approches françaises, où l'ensemble des critères sont déployés de façon systématique, dans les quartiers scandinaves certaines thématiques, comme l'eau, l'environnement, sont plus finement étudiées afin d'avoir un effet d'exemplarité ;
- le niveau d'exigence pour les promoteurs et investisseurs est relevé ;
- un système global de communication, d'information, de participation avec les habitants est élaboré ;
- enfin, un dispositif de management d'opération, avec évaluation, est mis en place.



Jean-Pierre Traisnel.

P. Thiot/laurif

“ Pour atteindre le Facteur 4, il faut à la fois travailler sur les questions de logement et sur le transport dont les potentiels d'amélioration sont très différents. En effet, sur l'habitat, une fois le Facteur 4, voire même 8, atteint, il ne resterait qu'un potentiel très faible pour compenser les problèmes non résolus au niveau des transports. D'où l'idée des éco-quartiers pour traiter ces deux aspects simultanément. ”

Jean-Pierre TRAISNEL, CNRS



Dominique Sellier.

D.R.

“ Il n'y a pas d'expérience sans un portage politique très fort autour de l'idée du développement urbain durable. ”

Dominique SELLIER, Arene

## Un exemple parisien : le secteur Frequel-Fontarabie dans le XX<sup>e</sup> arrondissement

L'opération associe réhabilitation et (en rose) insertion de bâtiments neufs : logements sociaux, locaux d'activités, équipements publics. Tout est organisé autour d'un jardin public associatif, qui permet à la fois de réduire l'îlot de chaleur en végétalisant l'espace public et d'atténuer l'effet minéral des très fortes densités.

Les ambitions énergétiques sont aussi fortes pour le neuf que pour la réhabilitation avec pour le chauffage des performances visées de niveau *Passive Haus*, de 15 à 50 kWh/m<sup>2</sup>/an (label bâtiment basse consommation).

Ce label, également appelé label Effinergie\* certifiera des bâtiments consommant moins de 50 kWh/m<sup>2</sup>/an pour les nouvelles constructions et moins de 80 kWh/m<sup>2</sup>/an pour les rénovations et réhabilitations. Il est prévu que ces exigences soient déclinées et différenciées entre les types de bâtiment d'une part, et selon les zones climatiques d'autre part pour tenir compte des spécificités régionales. Le label se basera sur le référentiel développé par l'association Effinergie dans le cadre du Programme de recherche et d'expérimentation sur l'énergie dans les bâtiments (Prebat). Les apports solaires étant utilisés à la fois pour le chauffage et pour le confort d'été, le choix a été d'orienter les bâtiment est-ouest, plutôt que sud.

Les concepteurs du projet, Eva Samuel et associés, ont mis au cœur du projet, l'idée d'offrir un espace libre à partager avec les habitants du quartier après trois décennies de

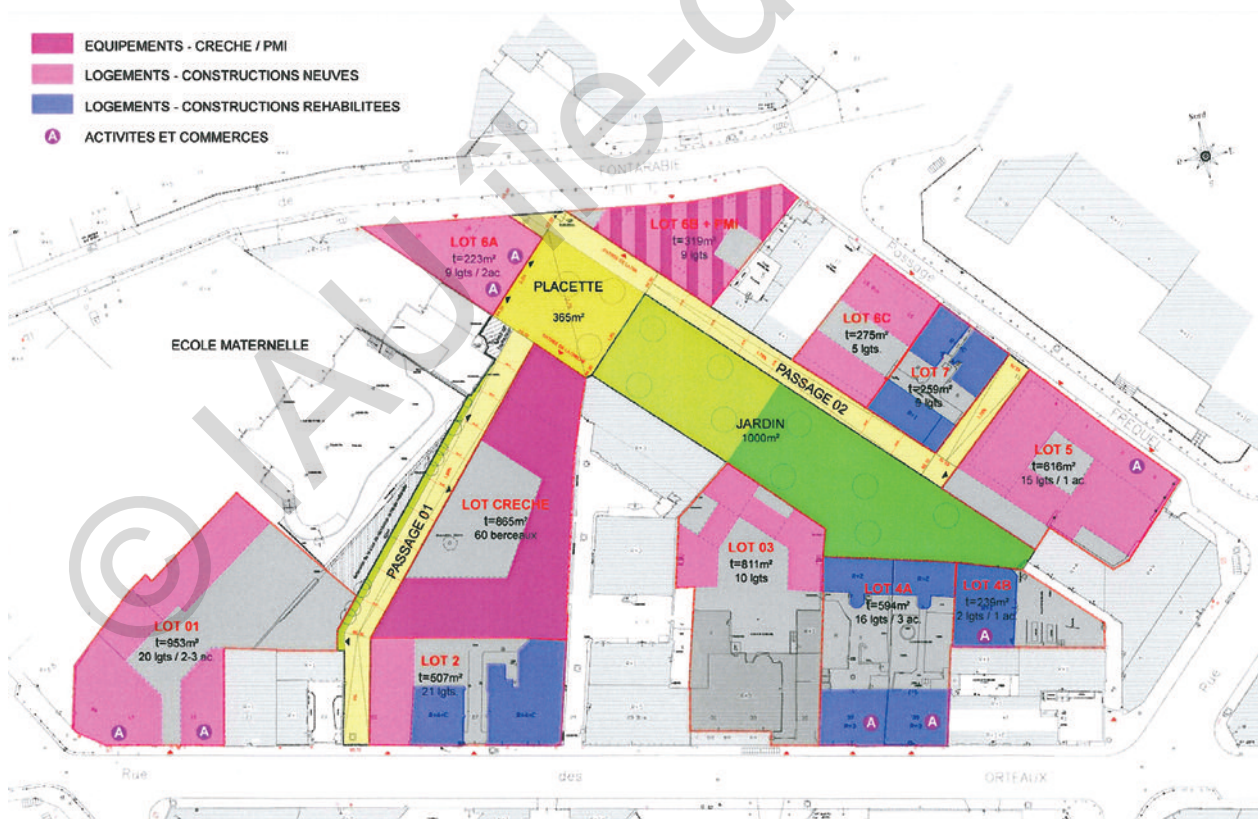
### Densification d'îlot parisien, intégration de services et d'activité



Source : Eva Samuel et associés, architectes

densification intensive au pourtour de l'îlot. Le nouveau quartier est un lieu fédérateur mêlant ambiance urbaine et qualité environnementale sur d'anciennes friches, permettant d'assujettir le bâti à la logique des espaces libres et de leurs statuts et ainsi inverser la logique urbaine précédente.

\* Regroupant des collectivités locales, des banques et des acteurs de la filière du bâtiment, l'association à but non lucratif Effinergie a pour objectif de promouvoir les constructions à basse consommation d'énergie en neuf et en rénovation et de développer en France un référentiel de performance énergétique des bâtiments neufs ou existants.



Source : Eva Samuel et associés, architectes

Aménageur : SIEMP  
29, boulevard Bourdon  
75004 PARIS



SECTEUR FREQUEL - FONTARABIE  
75020 PARIS

Plan d'aménagement  
PROGRAMME

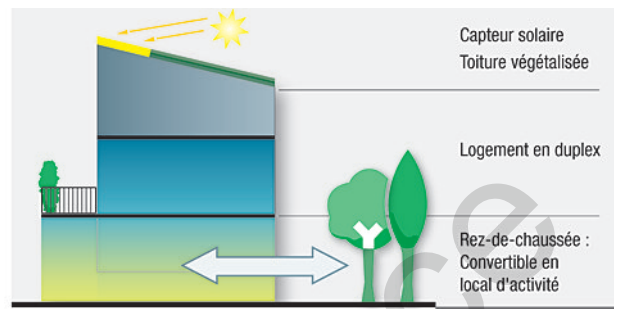
EVA SAMUEL ARCHITECTE & ASSOCIES  
95, rue du Faubourg Saint-Antoine  
75011 PARIS



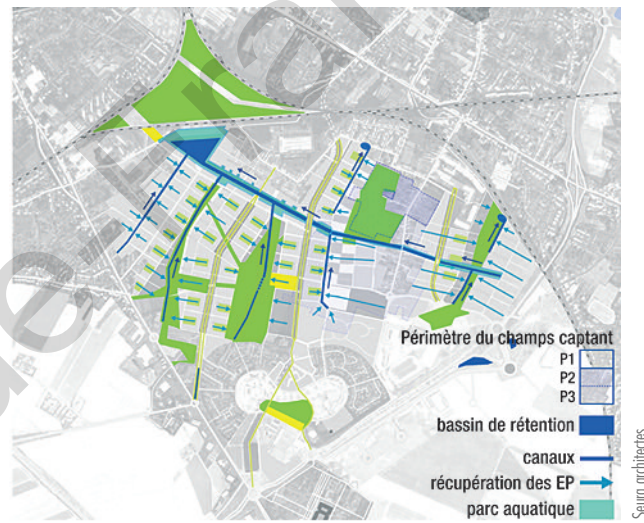
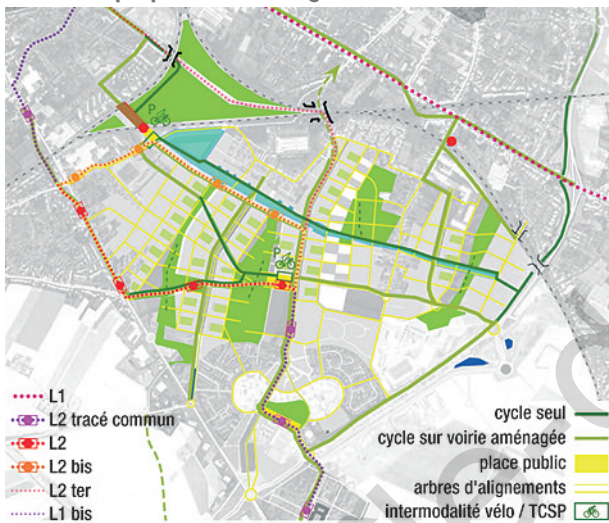
## La ZAC du Raquet dans le Douaisis

L'objectif était de répondre aux besoins de la communauté d'agglomération en logements neufs. Estimés à 200 logements par an, les communes doivent y répondre de façon coordonnée.

Il s'agira d'un quartier avec une densité de 60 logements/ha situé à proximité des transports en commun. Pour répondre à la fois aux besoins énergétiques et à la demande d'individualisation des espaces de vie, des maisons de ville ont été construites dans les espaces collectifs. L'urbanisation devra répondre à trois priorités : l'eau dans la ville (en bleu), les espaces naturels ou agricoles (en vert) et les déplacements (en gris).



### Cartes du projet : Bleu, vert, gris



Le projet du Raquet cherche à privilégier nouveaux logements, facilité de déplacement en transports collectifs et qualité environnementale.

Seura architectes, perspective : Catherine Simonet



# Les enseignements du débat

## Le quartier Hammerbÿ, ancienne friche industrielle et portuaire en renouvellement urbain, à proximité immédiate du centre ville est un exemple type de l'approche de Stockholm

L'idée générale est de limiter au maximum les entrants (polluants au sein du quartier, de recycler et de gérer les sorties. Ainsi, les eaux usées, les bio déchets vont être régénérés en partie par une station de traitement des eaux usées. À partir de cette station d'épuration, le bio gaz récupéré va alimenter vingt bus du réseau municipal et plus de 1 000 gazinières du quartier. Les productions de déchets sont également régénérées à partir d'une centrale de co-génération pour produire à la fois de la chaleur et de l'énergie.

Ce quartier est aussi équipé d'un système de purification des eaux dites propres, (issues des eaux de pluie) avant un rejet direct à la mer, d'un dispositif de compostage et de récupération des déchets organiques afin de recréer du compost duquel les éléments polluants issus des boues d'épuration auront été écartés.

Ce dispositif global privilégie le recyclage au maximum avec des objectifs très ambitieux pour le quartier. Les rejets de déchets ont été divisés par deux, en comparaison avec un quartier traditionnel. Ils sont récupérés et évacués avec un système de compression pneumatique, enterré au niveau du



*Le quartier Hammerbÿ est un exemple type de projet mêlant technicité de recyclage, régénération de déchets et coopération des différents services urbains.*

Victoria Hanriksson

quartier. Au niveau des bâtiments, l'objectif de consommation énergétique pour le chauffage est de 60 kWh/m<sup>2</sup>/an évoluant vers 50 kWh/m<sup>2</sup>/an en 2015.

## L'exemple de Malmö, revalorisation d'une friche portuaire directement en front de mer, a été présenté, en 2001 lors d'une exposition architecturale

Le site bénéficie d'un cadre exceptionnel, mais également d'importantes contraintes comme notamment l'exposition au vent. Malmö a un tissu dense, compact et mi-oyen, donc une optimisation totale de la forme urbaine et a fait le choix de limiter les flux de voitures à l'intérieur du quartier.

Son objectif est de devenir un îlot un peu autarcique du point de vue énergétique : il cible 100 % d'énergies renouvelables à travers un plan essentiellement basé sur la production d'un réseau de chauffage urbain alimenté par la géothermie des nappes marines (85 %) couplée à l'énergie solaire (15 %)

pour certains types de bâtiments. La production électrique s'effectue par une éolienne de 2 MW (production annuelle : 6,3 millions de kWh), située à 2 km du site qui fournit une grande majorité de l'énergie du quartier. À cela, viennent s'ajouter 1 400 m<sup>2</sup> de capteurs solaires installés sur six habitations et quelques toits photovoltaïques de 120 m<sup>2</sup> pour cinq appartements.

Ce système, pour être autonome sera relié au réseau de chauffage urbain de la ville.



*Le projet Malmö cherche une certaine «autonomie» énergétique, et cible 100 % d'énergies renouvelables.*

P. Lecroart/Laurif

Au delà des aspects économiques et énergétiques, ces opérations de rénovation ont entraîné une réflexion sur le foncier car elles permettent souvent la création de surfaces constructibles avec une valeur à déterminer : insertion de maisons entre les maisons, augmentation du nombre d'étages. On arrive à un schéma économique qui permet d'augmenter les capacités de construction des règlements d'urbanisme en fonction des performances énergétiques des constructions. Quelques exemples : Lausanne et Genève où des lois récentes permettent d'augmenter de deux niveaux les hauteurs des immeubles, l'Allemagne qui autorise des *Pent Haus* ou des étages supplémentaires. En France, dans le cadre de la loi POPE un dispositif de bonification des droits à construire se met en place pour les bâti-

(1) Sur la base des nouveaux labels de certification de performance énergétique : Très haute performance énergétique (THPE), Énergie renouvelable (EnR) ou Bâtiment basse consommation énergétique (BBC).

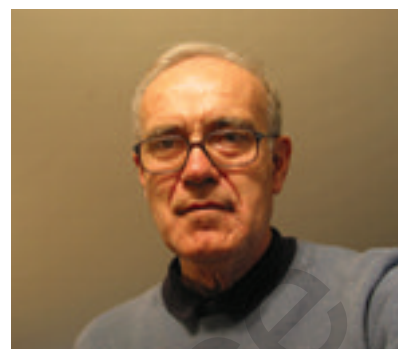
ments à performances énergétiques élevées<sup>(1)</sup>. Ce dispositif devrait être un outil incitatif pour les investisseurs et il sera intéressant de suivre l'utilisation qu'en feront les communes.

## Quel fonctionnement durable à l'échelle de l'aire urbaine ?

Même si l'on parvenait à transformer tous les quartiers en éco-quartiers se poserait le problème de leurs relations dans l'agglomération.

On sait que certaines formes urbaines sont plus favorables aux transports collectifs qu'aux transports individuels et donc plus aptes à répondre aux enjeux du Facteur 4.

Le pôle de compétitivité Ville et mobilité durables (PVMD) qui travaille notamment sur les moyens d'associer partenaires privés et publics, grandes entreprises et collectivités territoriales sur l'enjeu de la ville durable, définit plusieurs modèles



Bernard Descomps.

D.R.

« Certaines formes urbaines sont plus favorables aux transports collectifs qu'aux transports individuels. »

Bernard DECOMPS, pôle ville et mobilité durable de Marne-la-Vallée

## Vesterbro, à l'ouest de la gare de Copenhague est un exemple d'actions dans un tissu existant

Différentes technologies liées aux énergies renouvelables ont été testées à l'occasion de la rénovation complète du quartier :

- des ascenseurs, avec une paroi solaire, composée d'une paroi vitrée, d'une lame d'air derrière et de capteurs en surface ;
- des bow-windows avec allèges en panneaux photovoltaïques permettant une économie de l'ordre de 160 € par an et par foyer ;
- sur les toits, des serpentins d'eau chaude reliés à 86 m<sup>2</sup> de capteurs permettant d'alimenter un réservoir d'eau chaude sanitaire pour trente appartements ;
- une température de l'eau dans les canalisations et les radiateurs plus basse (60 °) que celle d'un système traditionnel pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire ;
- un gigantesque miroir, appelé Héliostat, installé sur le toit et commandé par ordinateur permettant de réfléchir la lumière, la projeter à travers des puits et la redistribuer dans les appartements ;
- l'éclairage public assuré par des lampes basse consommation d'énergie, alimentées par une aile photovoltaïque disposée entre deux façades d'immeubles au sein d'une rue.



À l'occasion de la rénovation complète du quartier, différentes technologies liées aux énergies renouvelables ont été développées à Vesterbro.

## Du quadrillage des Grecs à la ville creuse

Le quadrillage a été utilisé pour la première fois dans l'antiquité par les Grecs pour permettre à chacun d'arriver facilement du port du Pirée à son domicile. Aujourd'hui, ce système ne permet pas à chacun de regagner son domicile directement. D'autres solutions ont donc été analysées ou proposées par des chercheurs, pour optimiser les migrations intra-agglomération : par exemple, la forme *doigts de gants* (Copenhague) pourrait être approfondie en Île-de-France, si l'enjeu se résume à faire passer tout le monde par le centre défini comme Châtelet ou Magenta.

La **ville tube**, solution en rupture avec la ville en rond, est une manière spontanée de favoriser les transports collectifs puisque dès lors que les gens ne s'éloignent pas trop de cet axe, ils peuvent arriver de n'importe quel point de la ville tube à un autre point de l'axe. La ville de Nancy est, de ce point de vue-là, extraordinaire. Autrefois le centre-ville se limitait à la place Stanislas. Aujourd'hui grâce au tramway, ou trolley-bus, en quelques années, la ville s'est métamorphosée... et les loyers ont de ce fait été modi-

fiés. D'autres recherches, comme celles de Monsieur Maupu<sup>(2)</sup>, à l'Inrets, ont abouti au concept de la **ville en cercles creux**, avec les constructions sur le cercle extérieur, et au centre, les parcs et jardins. Sur un diamètre de 5 km on peut loger 60 000 habitants. Les transports collectifs et la circulation automobile peuvent s'étendre tout autour du cercle de «population». Pour répondre à des besoins de populations plus nombreuses, on peut tout à fait concevoir deux, trois (et plus) creux de ce type, tangents les uns aux autres et en continuité de la ville existante, qui serait plutôt une agglomération du type ville tube. On obtient ainsi la compacité recherchée. Ce système est de nature à résoudre de très nombreux problèmes. Actuellement, le pôle ville et mobilité durable étudié avec la Bourgogne la possibilité de créer une ville test de 30 000 habitants, plus particulièrement réservée aux personnes du troisième âge.

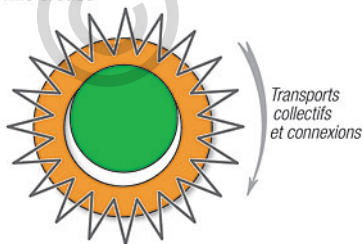
Au delà de l'optimisation des formes urbaines, d'autres facteurs interviennent, qui limitent la «compacité d'usage» même si les formes urbaines l'ont prévue : ainsi, le Val d'Europe comprend 40 000 logements, 80 000 habitants, et 45 000 emplois. Que faire de mieux en termes d'adéquation ? Néanmoins, malgré une variété de qualités d'habitat correspondant à un éventail de catégories d'emploi, à peine plus de 10 % des emplois sur place sont exercés par les résidents. Comment inciter les populations à se loger près de leur emploi ? Ceci pose une quantité de problèmes d'un autre niveau comme les critères d'attribution de logements sociaux, l'affectation de prêts à taux zéro indépendants du lieu de l'opération, etc. et rendent donc nécessaire l'organisation des transports.

(2) La ville creuse, Jean-Louis Maupu, ingénieur arts et métiers, chargé de recherches à l'Inrets, prix de la recherche mention transport durable, 2006.

La ville tube

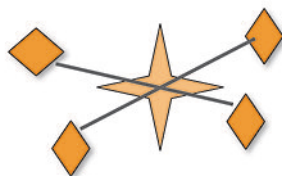


La ville creuse



espace construit  
parc et jardin

Organisation parisienne par le centre



Organisation Scandinave par le centre :  
Les doigts de gant





## Comment optimiser les transports ?

À côté des réflexions sur de nouvelles formes urbaines, il y a des courants de recherche sur le potentiel d'économies d'énergie des transports dans le contexte urbain existant<sup>(3)</sup>.

La ville ancienne a beaucoup évolué vers une spécialisation de l'espace, avec des zones distinctes d'habitation, d'emploi, d'achat et de loisirs qui induisent de forts besoins en déplacements.

Dans leur choix de localisation, les ménages mettent toujours en balance deux options équivalentes (à court terme) en coût global :

- soit une distance réduite du centre, et donc un prix de logement élevé et un coût de transport plus faible ;
- soit une distance plus grande avec un coût de logement moindre et un coût de transport plus élevé.

Les entreprises, pour leur part cherchent un accès aisé entre elles, avec leurs consommateurs et salariés, et donc une bonne desserte en infrastructures. Il en résulte une implantation de l'emploi sur tout le territoire, avec des concentrations plus ou moins grandes, ce qui entraîne un désajustement spatial croissant, d'autant que la mobilité de l'emploi progresse deux fois plus vite que la mobilité résidentielle.

Ces dynamiques de mobilité différentes selon les acteurs rendent difficile la gouvernance d'autant que les leviers sont aujourd'hui distribués entre plusieurs mains et qu'en addition des périmètres institutionnels figés, de nouveaux périmètres ont été créés par les lois SRU, Chevènement et Voynet.

(3) Tels le programme Interface urbanisme déplacements (IUD) mis en œuvre au Certu depuis la dernière loi solidarité et renouvellement urbains (SRU, 2002) et commandé par plusieurs ministères (Équipement, Ville et Environnement). Un ouvrage est en cours de rédaction, *Maîtriser l'usage de la voiture en ville : un enjeu économique, social et environnemental*, collection Débats.

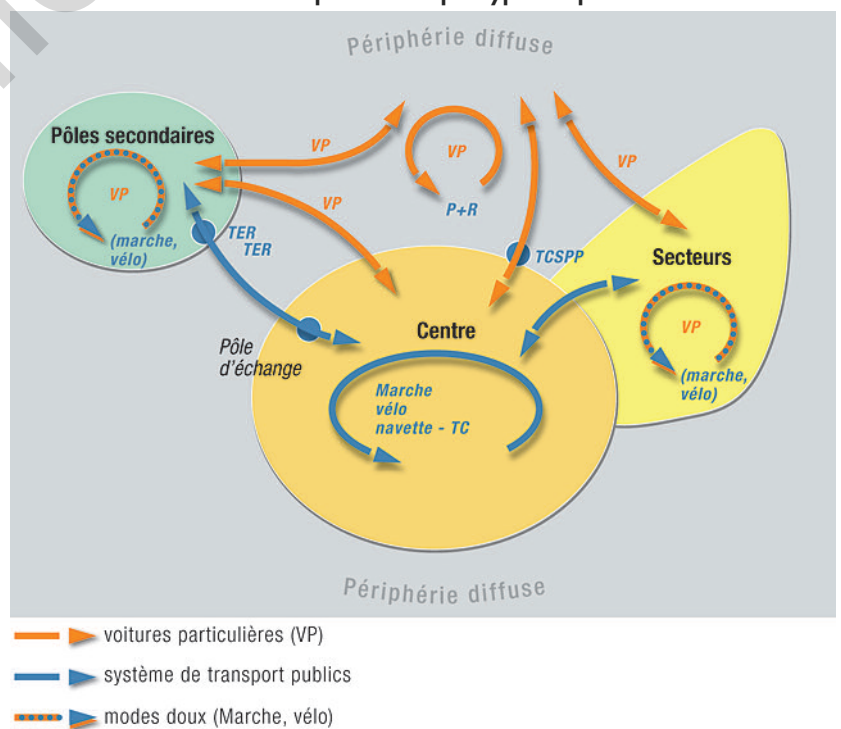
Il est néanmoins possible de revenir à certaines idées basiques de la ville, pour réfléchir à l'optimisation des liaisons :

- les services de proximité restent une demande forte du citoyen et seul l'emploi est susceptible de s'éloigner des lieux d'implantation résidentielle ;
- les infrastructures de transports implantées pour le long terme doivent avoir des systèmes d'exploitation ouverts à l'innovation.

## Les potentiels d'optimisation des transports selon la zone urbaine

La pertinence des modes de transport diffère selon le type d'espace et la morphologie héritée du passé. Dans une agglomération, les solutions ne seront pas les mêmes pour le centre, les zones à mono-vocation (secteurs), la périphérie diffuse et les pôles secondaires. Le croquis illustre, par zone, les solutions proposées qui répondent inégalement aux besoins.

### Les différents modes de transport utilisés par type d'espace



Extrait de l'ouvrage *Maîtriser l'usage de la voiture en ville : un enjeu économique, social et environnemental*, IUD-Certu/Ademe

“ Les infrastructures de transports implantées pour du long terme doivent avoir des systèmes d'exploitation ouverts à l'innovation. ”

Christophe DALIN, Certu



Christophe Dalin.

D.R.

Dans les **centres**, denses et diversifiés, déjà bien desservis en transports en commun, des potentialités existent encore. Pour la desserte interne, le déplacement vers les modes doux (le vélo représente moins de 4 % des déplacements en France contre 15 % en Suisse ou en Belgique), et vers les transports en commun via des politiques d'exploitation des places de stationnement, ou d'aménagement de l'espace public avec priorité à l'organisation de la logistique et aux résidents. De l'extérieur, les départements et les régions améliorent les réseaux de pénétration vers le centre pour ne pas «enfermer dans la nasse» les populations qui n'y résident pas. Les opérateurs sont bien identifiés et couvrent tous les types d'aménagement et la gouvernance s'est bien souvent développée à une bonne échelle.

Les «secteurs» (ZA, zones commerciales) spécialisés, peu denses, mais cloisonnés génèrent une grande mobilité avec des longueurs de déplacement très élevées du fait de parcellaires de grandes tailles et de vastes parkings favorisant d'abord un accès par automobile. Les solutions existent pourtant car il y a de grands espaces publics où les TCSP peuvent pénétrer et des opérateurs identifiés et réactifs (habitués du «gagnant-gagnant») dont les compétences peuvent être élargies. Les projets peuvent facilement se développer sur ces secteurs là. Les **pôles secondaires** sont en général reliés au centre par des lignes de train ou de TER. Les solutions passent par des approches globales pour éviter le développement de parcours irrationnels qui augmentent la consommation de véh x kms des habitants vers le centre. Ce sera un partage de l'espace public, le développement de la qualité environnementale pour compenser les effets et l'acceptabilité de la densité, des interventions foncières, une bonne localisation des parc-relais,

donc une concertation collectivités locales - aménageurs. En général, il est nécessaire de mettre en place une gouvernance plus globalisante (cas de Givors commune du périurbain du Grand Lyon entrée récemment dans la Communauté de communes).

La **périphérie diffuse**, à faible densité, est une organisation urbaine défavorable aux itinéraires optimisés : peu d'efficacité des transports en commun ou au prix d'une explosion du foncier, mauvaise sécurité des modes doux – vélo et piéton –, gouvernance faible et peu mobilisée sur les questions de consommation de ressources. Le potentiel d'amélioration est à chercher dans le développement du transport à la demande (installation d'opérateurs de seconde génération), la maîtrise des investissements sur le routier, l'information et la responsabilisation de la gouvernance locale.

Au niveau régional, une approche multimodale des informations sur les transports en commun pourrait améliorer considérablement la desserte de l'agglomération à infrastructures constantes en permettant à chaque client d'avoir la totalité des informations concernant le réseau emprunté. Actuellement, un habitant de Meaux, par exemple, ne peut pas savoir s'il y a ou non une panne sur le réseau dans le reste de l'agglomération parisienne qui va l'empêcher d'arriver à l'heure, ce qui l'incite à prendre sa voiture. En effet, les systèmes d'information des divers opérateurs ont incompatibles entre eux. Voici un chantier urgent pour le Stif : accompagner les projets d'informations en liaisons multimodales.

L'optimisation du système de transports implique une approche globale, avec toute une batterie d'outils qui n'impliquent pas d'investissements lourds nouveaux :

- l'amélioration de l'offre de transport public en régularité, fiabilité, flexibilité, sécurité, confort, intégration tarifaire,

Voici un chantier urgent pour le Stif : accompagner les projets d'informations en liaisons multimodales.

Bernard DECOMPS, pôle ville et mobilité durable de Marne-la-Vallée

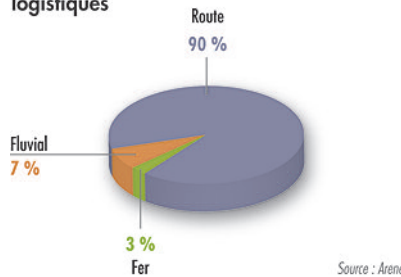
- conseil en mobilité, informations ;
  - des limitations financières : stationnement payant, péage urbain, adaptation de la fiscalité et du système de taxation... ;
  - des réglementations : réduction des vitesses autorisées, interdiction de véhicules polluants... ;
  - des actions sur les comportements : plan de déplacements des entreprises (PDE) auto-partage, conseil en mobilité, bureau des temps, qualité de l'information active ;
  - des actions sur l'espace public : partage de la voirie, incitation à la ville des courtes distances, réduction des effets de coupure pour réduire les *effets de nasse*, urbanisme de tracé ou d'itinéraire plutôt que de secteurs.
- Cette orientation nécessite d'établir des espaces d'échanges interculturels au sein de l'ingénierie (transport, urbanisme, environnement, santé, énergie,...) de manière à s'entendre sur les diagnostics et sur l'argumentaire à mettre en avant pour co-produire forme urbaine et système de déplacements.

## L'organisation de la logistique relève des mêmes défis : des exemples d'organisation à Paris

En Île-de-France, l'effet centrifuge joue à plein pour la logistique, si bien que les zones de service de Paris se retrouvent à présent au bord de la Francilienne, voire plus loin, ce qui implique beaucoup de déplacements principalement routiers, de plus en plus longs pour les camions.

Le flux de marchandises de la ville s'élève à 32 millions de tonnes de fret par an, dont 90 % arrivent par la route. Les 1 600 000 mouvements comptabilisés par semaine sont principalement des arrêts pour les livraisons qui occupent 15 à 25 % de l'espace de la voirie (25 % dans les quartiers de forte activité comme le Sentier ou Daumesnil).

La répartition des moyens de transport logistiques



75 % des véhicules en compte propre<sup>(4)</sup> transportent 25 % des marchandises, 25 % des véhicules en comptes d'autrui livrent 75 % des marchandises avec en moyenne quatorze points de livraison par tournée.

Tous ces déplacements ont un impact sur les gaz à effet de serre : la part des transports représente 25 % des gaz à effet de serre, dont 40 % dus aux transports de marchandises, soit 11 % du total. Cela représente également 50 % du diesel consommé en Île-de-France et des émissions de polluants locaux.

L'agence Mobilité de la Ville de Paris s'est intéressée aux modes alternatifs de fonctionnement, basé sur la route, avec des points de concentration situés très souvent en dehors de Paris. Comment parvenir à un fonctionnement plus rationnel pour la ville et optimiser la diffusion des marchandises dans différents quartiers ?

Deux solutions : opérer un changement modal afin de rationaliser l'entrée des marchandises vers Paris, en reportant vers le fleuve ou vers le fer et essayer de privilégier le compte d'autrui qui a tendance à massifier les entrées.

Depuis 2002, une concertation avec les professionnels est menée avec deux objectifs principaux :

- favoriser l'activité économique en ne contraignant pas le volume d'échange dans le transport des marchandises ;

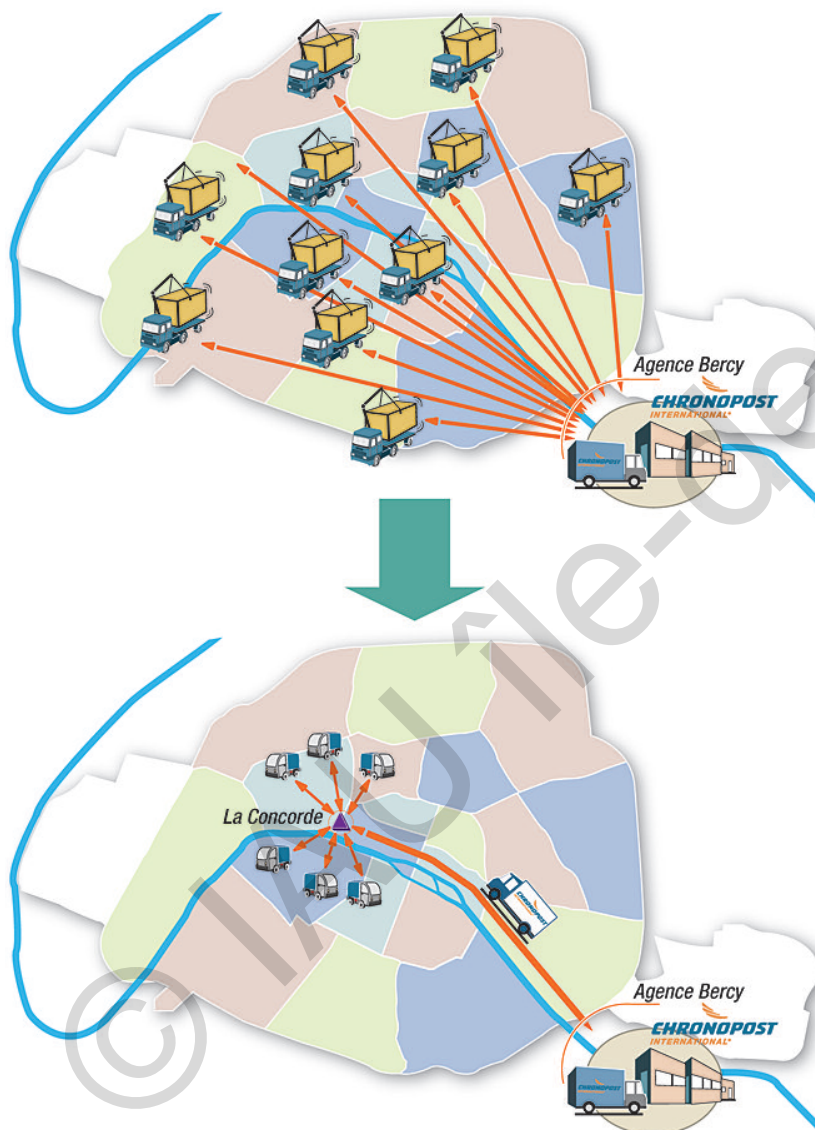
(4) Lorsque le commerçant utilise son véhicule utilitaire léger (moins de 3,5 t.).



# Les enseignements du débat

Chronopost a profité de la disparition du paiement par pièces des parcmètres du stationnement pour s'installer dans le parking de la Concorde, dans un local de 1 000 m<sup>2</sup> et développer les livraisons en véhicules électriques.

Jusque là, Chronopost livrait ses clients dans Paris depuis sa plate forme de Bercy. Depuis l'ouverture de l'espace logistique urbain Concorde, l'agence de Bercy, envoie chaque jour une navette de véhicules chargés jusqu'à la Concorde. À partir de ce point, toutes les livraisons sur Paris se font en véhicules électriques. Cette organisation a permis une réduction d'environ 60 % des gaz à effet de serre dont un tiers est dû au fait d'avoir une massification en entrée avant distribution et les deux tiers restants sont liés à l'usage de véhicules électriques.



La nouvelle organisation de livraisons de Chronopost permet une réduction de 60 % des gaz à effet de serre.

- rendre le secteur logistique plus urbain et plus propre.

Un programme de travail a formalisé une charte des bonnes pratiques, en juin 2006.

Cette charte fixe les engagements des différents acteurs, transporteurs, Ville, chargeurs, chambre de commerce, etc. Elle débouche sur un nouveau dispositif marchandises, qui consiste d'abord à établir un règlement marchandises simplifié. Ce règlement permet d'améliorer le fonctionnement de la voirie et d'introduire un paramètre environnemental : des créneaux horaires concernant l'utilisation de la voirie, dont ceux réservés aux véhicules dits «propres». Ce dispositif précise également le statut des aires de livraison, car au travers des différentes études menées sur ce sujet, il ressort que seulement 6 % du temps des aires de livraison est utilisé à cet usage. Enfin, ce dispositif demande une lecture spécifique au transport de marchandises des documents d'urbanisme dans le Plan local d'urbanisme (PLU) signé il y a maintenant un an.

Ainsi, des aires de services ont été réservées en zone urbaine pour toutes les emprises dédiées à la logistique qui restaient encore dans Paris. Ces emprises sont situées essentiellement autour des grands réseaux ferrés, ce sont des emprises portuaires aux deux extrémités de la Seine, du côté d'Ivry ou Issy-les-Moulineaux mais aussi au centre de Paris. Une quinzaine de ports à temps partagé est ainsi réservée, pouvant être utilisés à certains moments de la journée pour transférer des marchandises puis servir, par la suite, à d'autres utilisateurs.

La deuxième démarche vise à essayer de nouvelles pratiques et pour cela, des opérations de démonstration sont en cours.

Comme les stations-service disparaissent petit à petit dans les parkings souterrains, la Ville de Paris a profité de ces

petites emprises pour les revaloriser en ramenant la logistique au cœur de la capitale, telles les expériences de *La petite Reine* ou *Chronopost* qui fonctionnent déjà

D'autres projets sont à l'étude ou en cours de mise en place :

- *Natoora*, qui commence en mai 2008, va permettre les livraisons de produits frais, commandés sur Internet à partir d'un espace situé Porte d'Orléans.

- *Consignity* est une société qui dispose de petites consignes automatiques installées dans cinq parkings de la capitale. Elles permettent aux techniciens des services après-vente qui ont des contrats avec Darty et Schindler de récupérer les pièces de rechange dont ils ont besoin sans avoir à aller à leur centrale souvent éloignée.

- la Ville de Paris a également travaillé avec la DRE et *Monoprix* sur un projet d'acheminement de leur fret par le fer. *Monoprix* dispose d'un entrepôt à Combs-la-Ville, relié au fer, et, dès novembre prochain, un train complet transportera chaque jour, jusqu'à Bercy, 1 000 tonnes de marchandises générales (parfumerie, vêtements, boissons sans alcool, etc.). De là, les véhicules au gaz de 19 t. de *Monoprix* redistribueront les marchandises aux différents magasins du cœur de la capitale.

- Une autre étude en cours de réalisation analyse comment utiliser le RER pour le transport de marchandises. La première partie de l'étude a déterminé les filières qui pourraient être intéressées par ce schéma, essentiellement celles concernées par le fret express. En effet, le fret express est principalement localisé au niveau de l'aéroport de Roissy-Charles de Gaulle relié par le RER B aux Halles donc au cœur de la capitale. L'utilisation du RER en liaison avec le réaménagement des Halles programmé per-

L'expérimentation de *La Petite Reine* a débuté en 2003 avec deux ou trois triporteurs à assistance électrique, appelés cargocycles. Aujourd'hui la flotte est constituée de 35 cargocycles et plusieurs antennes ont été ouvertes à Bordeaux et Dijon notamment. Cette société livre 600 000 colis par an et ce type de véhicule permet d'économiser pour Paris, 660 000 kilomètres diesel par an, en incluant tous les kilomètres parcourus des plates-formes logistiques aux portes de Paris.



La Petite Reine

mettrait de faire entrer des marchandises dans Paris et de les redistribuer de façon plus fine.

Ces modèles pourraient être élargis à la banlieue proche qui a des besoins identiques, ce qui permettrait également de limiter les transports traversants. La banlieue Ouest, par exemple, est très tertiaire et une opération comme celle de *Chronopost* y serait tout à fait légitime. De plus, la banlieue dispose encore de zones dédiées à la logistique, contrairement à Paris qui essaie de sauvegarder ces espaces en les inscrivant au PLU.

“ La réorganisation de logistiques testée à Paris pourrait être élargie à la banlieue proche qui a des besoins identiques, ce qui permettrait également de limiter les transports traversants. La banlieue Ouest, par exemple, est très tertiaire et une opération comme celle de *Chronopost* y serait tout à fait légitime ”

Hervé LEVIFVE, agence de la mobilité, Ville de Paris

## L'aménagement du sous-sol : science fiction ou gisement foncier ?

L'aménagement du sous-sol peut-il être considéré comme un facteur d'amélioration du cadre de vie, permettant d'aérer la ville, de rapprocher l'habitat des services et des zones d'achat tout en obtenant un bilan énergétique globalement positif à l'échelle de la ville ?

Au delà d'exemples d'utilisation ponctuelles du sous-sol, certains pays se lancent vers l'utilisation massive de leurs espaces souterrains

En Europe, c'est le manque d'espace qui a conduit Monaco à installer en sous sol des équipements aussi variés



Hervé Levifve.

D.R.

“ L'aménagement du sous-sol peut-il être considéré comme un facteur d'amélioration du cadre de vie, permettant d'aérer la ville, de rapprocher l'habitat des services et des zones d'achat tout en obtenant un bilan énergétique globalement positif à l'échelle de la ville ? ”

Max LE NIR, Bureau de recherches géologiques et minières



Max Le Nir.  
D.R.

que des voies ferrées, des gares, des salles de congrès, un opéra, des parkings de proximité, des transports collectifs, des unités d'incinération, des unités de collectes d'ordures ménagères, des galeries techniques multi-usages, des centres de distribution urbains de matériaux et marchandises, des unités de déplacement piéton mécanisées... L'objectif est de désenclaver la Principauté, restituer de l'espace à l'air libre et améliorer le cadre de vie.

Le Canada, pour des raisons climatiques, avait déjà depuis longtemps aménagé en souterrain ses villes «intérieures»<sup>(5)</sup>.

L'Asie est un laboratoire tout récent, un peu plus lointain, avec des mentalités différentes. Parce que la population y est dense, le sous-sol est systématiquement développé dans tous les nouveaux quartiers en Chine, mais aussi de plus en plus, au Japon, ou à Taiwan. En région parisienne, il existe déjà de nombreux aménagements souterrains, comme certains services de proximité, des voies de transit rapide pour éviter les engorgements ou le centre de traitement d'ordures ménagères d'Issy-les-Moulineaux, permettant de regagner de l'espace en surface... pour des espaces verts.

Pourquoi ces choix ? d'abord la sécurité : le sous-sol est un milieu beaucoup moins sensible aux événements climatiques que la surface ce qui permet de sécuriser tout ce qui doit être mieux protégé des risques propres ou d'attaques terroristes. Ainsi, beaucoup d'équipements sensibles y sont déjà localisés. Au delà, le fait de construire en souterrain permet d'y mettre ce qui ne peut plus être fait en surface pour des raisons de pénurie foncière.

Ainsi, alors que les Halles sont le fait d'une opportunité, dans le cas du Louvre l'enfouissement a été un choix qui a permis de conserver intact un patrimoine tout en récupérant des volumes disponibles.

Beaucoup de services ou zones commerciales se développent en sous-sol, en périphérie notamment pour des raisons de marketing : les clients sont plongés dans une toute autre atmosphère (absence de lumière solaire, musique, perte de notion du temps...) qui favoriserait les achats.

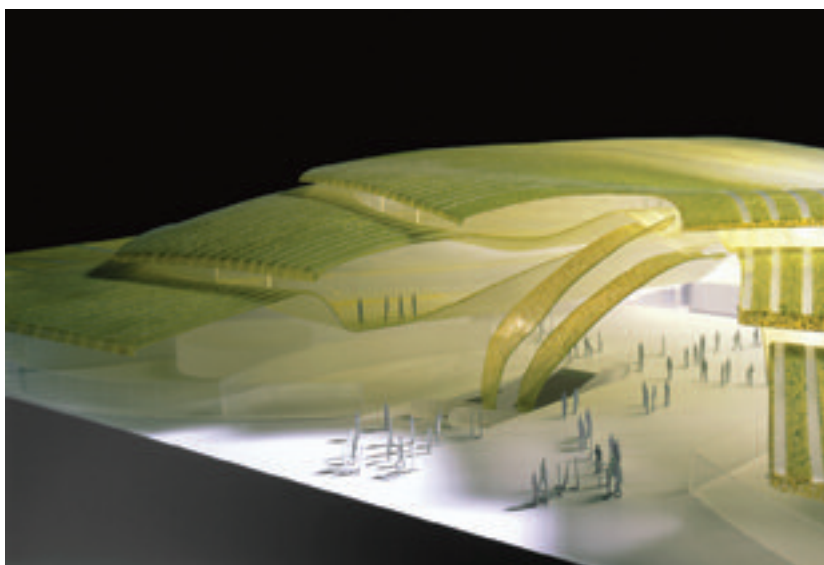
Construire en souterrain coûte cher, mais dans un environnement urbain dense en surface, les constructions supplémentaires de surface sont aussi extrêmement coûteuses sans améliorer toujours le cadre de vie.

Rapprocher les zones de surface d'habitat de zones de services ou marchandes souterraines permet également une valorisation des équipements de surface. Les habitants peuvent bénéficier de ces services sans avoir à utiliser leur véhicule. Du point de vue énergétique, c'est une bonne solution : le souterrain est un milieu thermique spécial, très stable et certaines constructions, comme les piscines, les entrepôts frigorifiques peuvent y trouver bénéfice, notamment en terme d'isolation. Le sous-sol aménagé peut être également producteur d'énergie puisque l'éclairage, les machines, le personnel dégagent des calories. Actuellement le bilan énergétique des installations souterraines est assez onéreux mais il faut regarder comment les calories qu'elles dégagent gratuitement pourraient être exploitées en surface. En liant aménagements souterrains et aménagements de surface, les bilans énergétiques, non évidents à ce jour, peuvent être équilibrés.

Se pose le problème de l'acceptabilité sociale pour laquelle nous disposons déjà du retour d'expériences de nombreuses réalisations étrangères : pour créer des centres vivants bien acceptés des populations, il faut qu'activités en sous-sol et en surface s'entraident. Il subsiste toutefois d'importants

(5) et (6) Les Canadiens emploient l'adjectif intérieure car ils trouvent assez dévalorisant d'utiliser le terme sous dans sous-sol.





*Pour créer des centres vivants bien acceptés des populations, il faut qu'activités en sous-sol et en surface s'entraident.*

Parick Berger & Jacques Anziutti Architectes/Maquette : A. Hugon avec T. Martin/Photo : Arnaud Rinuccini

problèmes de sécurité, comme les incendies par exemple, car le monde souterrain est clos comme le sont également les milieux en hauteur.

À Montréal un *observatoire de la ville intérieure*<sup>(6)</sup> recueille les expériences, doléances ou suggestions des utilisateurs pour améliorer ce cadre de vie souterrain. Il ressort qu'un travail sur les éclairages et les circulations est absolument nécessaire pour améliorer ces milieux.

Si l'on envisage une systématisation de l'utilisation du sous sol en liaison avec l'urbanisation de surface, il est indispensable d'afficher ce choix très clairement sinon, l'utilisation du volume souterrain lui aussi assez limité ne sera pas optimisée et il sera beaucoup plus difficile de réaliser certains aménagements une fois que ceux en surface seront réalisés. Pour cela, il faut porter un autre regard sur les données, pour la plupart existantes, et en particulier vulgariser la connaissance de la zone 0/-100 mètres auprès des acteurs architectes, urbanistes, collectivités, qui n'ont pas ce type de réflexions transversales entre l'aménagement et la réglementation du tréfonds.

Certains pays ont extrêmement bien développé la réglementation du sous-sol et ont pu ainsi se lancer dans de larges aménagements souterrains, ce qui n'est pas le cas pour l'instant en France. Au Japon, par exemple, il a été décidé qu'à partir de trente mètres de profondeur, le tréfonds devenait réalisable, ce qui permet beaucoup de réalisations. Taiwan aussi, grâce à sa réglementation très élaborée, réalise de gros développements.

Shanghai, dont l'aménagement du sous-sol est devenu une priorité par manque d'espace, met en place sa réglementation. Mais en Chine l'utilisation des sous-sols s'est énormément développée grâce à la gratuité des espaces souterrains. Les promoteurs se constituent ainsi des surfaces commerciales gratuites avec des taux de rendement vertigineux.

## Références bibliographiques

- **Ademe** (2006), *Réussir un projet d'urbanisme durable*
- **Ademe** (2005), *Un Plan Climat à l'échelle de mon territoire*
- **Ademe, Etd** (2006), *Les politiques énergétiques territoriales, Les notes de l'observatoire*
- **Ademe** (2002), *Politique énergétique durable, Catalogues de bonnes pratiques de villes européennes*
- **Arene** (2005), *Quartiers durables, Guide d'expériences européennes*
- **Datar** (2005), *Changement climatique, énergie et développement durable des territoires, Territoires 2030 n° 2*
- **Dreif** (2006), *Les déplacements en Île-de-France : 12 propositions*
- **Fouchier Vincent** (1997), *Des fortes densités urbaines, Les villes nouvelles dans l'espace métropolitain*
- **Hivert Laurent, Lecouvey François** (2006), *Incidence de l'étalement urbain sur les émissions de CO<sub>2</sub> dans la région Île-de-France et l'arrondissement de Lille*
- **laurif, Fouchier Vincent** (2006), *La densification urbaine : un objectif pour le Schéma directeur de la région Île-de-France, Atelier thématique SDRIF n° 3*
- **laurif, Lacoste Gérard** (2006), *Construction, étalement urbain et pénurie foncière : au-delà des idées reçues, Cahiers de l'habitat n° 40*
- **laurif** (2002), *Atlas des Franciliens*
- **laurif, Newman Peter W.G., Kenworthy Jeffrey R.** (1996), *Formes de la ville et transports : vers un nouvel urbanisme, Cahiers de l'laurif n° 114-115*
- **Inra, Germond Yves (dir), Mathieu Nicole** (2005), *La ville durable, du politique au scientifique*
- **Ministère de l'Équipement – DAEI, Plateau Claire** (2006), *Les émissions des gaz à effet de serre des ménages selon les localisations résidentielles, Notes de synthèse du SESP n° 163*
- **Puca** (2006), *Programme quartiers durables, premier plan*

© IAU Île-de-France

© IAU Île-de-France





# L'espace rural et la production locale d'énergies renouvelables

L'espace rural francilien représente près de 80 % du territoire régional. Avec 583 000 hectares de superficie agricole utile en 2000, l'espace agricole occupe près de la moitié de l'Île-de-France, et les espaces boisés le quart (280 000 hectares).

Si cet espace pèse relativement peu en matière de consommation énergétique, il se caractérise notamment par la dépendance à la voiture, la prédominance de l'habitat individuel, des particularismes dans l'approvisionnement énergétique. Mais il dispose aussi d'atouts incontestables, son potentiel de développement des énergies renouvelables : bois-énergie, agri-carburants et agri-combustibles, biogaz, éolien, solaire, géothermie... Entre les freins au développement, les conflits d'usage et les opportunités économiques locales, quelles perspectives s'ouvrent aujourd'hui et dans les années à venir pour l'ensemble des acteurs et en faveur du développement des énergies renouvelables ?



### *Development perspectives for renewable energies in rural areas of France*

*In 2007, just over 6% of national energy consumption comes from renewable energies. European targets to which France has signed up, (initially set to 12% of the total energy consumption for 2010) have just been scaled up both in terms of timeframe and percentage, now set to 20% of total energy consumption by 2020. Judging by current trends, the 12% will not be met. Energy consumption is currently increasing at a faster rate than the development of renewable energies. And if these last years they have been on the increase in absolute terms, some of them are on the decline in terms of relative value. At the end of the day, it turns out that the differential, depending on the sectors involved, is still modest, if not actually negative. In the significant efforts that France must make in the field of renewable energies, the rural areas are therefore a sure asset. With a view to grow and to reverse the trend, the renewable energy resources that are available in rural areas are a significant asset, which should not be overlooked.*



C. Maître / ANKA

## Les perspectives de développement des énergies renouvelables en France dans et pour les territoires ruraux

Yves Bruno-Civel  
Observ'ER<sup>(1)</sup>

**E**n 2007, un peu plus de 6 % de la consommation d'énergie nationale se fait à partir des énergies renouvelables. Les objectifs européens, signés par la France, initialement fixés à 12 % de la consommation d'énergie primaire pour 2010, viennent d'être revus à la hausse à la fois dans les échéances et dans le pourcentage, et sont maintenant de 20 % de la consommation d'énergie finale en 2020.

Dans une perspective de croissance, les ressources en énergies renouvelables disponibles sur les territoires ruraux sont un atout important qu'il ne faudrait pas négliger.

(1) Directeur général de l'Observatoire des énergies renouvelables Observ'ER. [www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org)



## Le potentiel des énergies renouvelables en France

Les énergies renouvelables sont des énergies de flux, par opposition aux énergies de stock souvent composées de matériaux contribuant à l'effet de serre.

La première énergie renouvelable est le soleil, puis viennent le vent, la biomasse, l'eau et la géothermie. Toutes produisent de l'énergie sous forme de chaleur et d'électricité, et la majorité sont produites sur ou à partir des espaces ruraux.

D'ici 2010, deux fois plus d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie primaire et d'électricité, et six fois plus pour les carburants sont espérées. En 2007, les deux sources principales d'énergie renouvelable sont la biomasse (65 % du total) et l'hydraulique (27 %).

L'éolien, la géothermie et le solaire, malgré leur forte progression récente, ne représentent que 8 % du total. L'hydraulique représente près des trois quarts de la production d'électricité (hors nucléaire).

La France doit, dès maintenant, fournir d'importants efforts en investissement et en formation pour atteindre les pourcentages sur lesquels elle s'est engagée depuis juin 2007 auprès de l'Europe. L'objectif 2020 va évidemment s'assortir de mesures contraignantes dont l'étendue n'est pas encore connue à ce jour. Toutes les sources d'énergies existantes et potentielles doivent être mobilisées, et les grands consommateurs d'énergie, tout comme l'ensemble des consommateurs, entreprises comme particuliers, doivent se responsabiliser. Chaque année, un pourcentage d'énergie devrait être fixé de façon à réaliser les objectifs annoncés. Les énergies renouvelables ont des capacités de développement selon des modalités plus ou moins aisées. Alors que la production de l'électricité est

## Les énergies renouvelables en France et en Europe : état des lieux

% des énergies renouvelables	France			UE
	2005	2010*	2020*	2005
Consommation d'énergie primaire	6,03 %	12,00 %	20 %	6,40 %
Consommation d'électricité	11,61 %	21,00 %	p.m.	13,97 %
Consommation de carburant	1,00 %	5,75 %	10 %	<1,00 %

\* Engagements annoncés.

Source : Observ'ER

En 2005, la France est bien positionnée dans le développement des filières renouvelables en Europe, mais les objectifs 2010 impliquent un changement de rythme.

considérée comme centralisée puis redistribuée, ce qui n'est pas le cas des gisements d'énergies renouvelables comme le vent, le solaire, la biomasse, présents sur tout le territoire. Les régions doivent aujourd'hui affirmer leurs ressources en énergie renouvelable et les exploiter le plus intelligemment possible.

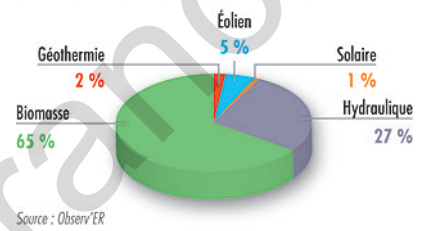
## La biomasse solide

La filière biomasse solide comprend essentiellement le bois énergie issu de l'entretien des forêts, de l'exploitation des déchets de la filière bois et plus marginalement des sous-produits agricoles comme les rafles de maïs ou encore la basse de la canne à sucre. Première source d'énergie primaire renouvelable (chauffage au bois), elle est aussi la plus importante filière mobilisable : elle représente 85 % des objectifs à l'horizon 2015 et est entièrement produite dans les espaces ruraux. C'est une filière qui se modernise dans ses applications et qui repose sur la valorisation des ressources locales.

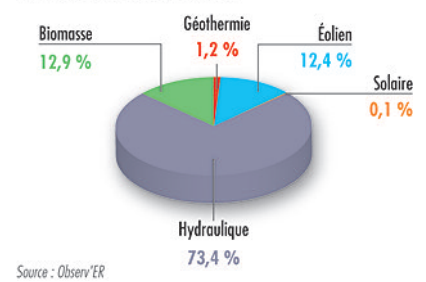
## Les produits

Le produit le plus couramment produit est le bois issu des coupes de bois ou d'élagage, mais de nouveaux produits prometteurs existent déjà comme par exemple la plaquette forestière, gisement sous-utilisé dont le potentiel énergétique est estimé à 7,3 Mtep, soit 80 % de la production actuelle d'énergie à partir de biomasse solide.

### Structure de la production d'énergie primaire renouvelable en France



### Structure de la production d'électricité renouvelable en France



Chaudière à granulés ou copeaux de bois, céréales ou biocombustibles. Les culturales 2007, Boigneville, Essonne.

B. Raoux/Laurif

## Le détail de l'énergie primaire de la biomasse solide en France (2005)

	Tep*
Bois-énergie brûlé par les ménages	7 419 000
Bois-énergie pour le chauffage urbain et collectif	191 000
Bois-énergie pour l'industrie hors liqueur noire	904 000
Industrie liqueur noire	801 000
Bois-énergie pour l'agriculture	40 000
Bois-énergie total	9 355 000
Résidus de récolte	78 000

\* Tonnes équivalent pétrole.

Source : Observ'ER

La filière bois granulé, plus propre et plus conditionné, se développe également. Moins connu en France, ce combustible simple d'emploi est majoritairement utilisé en Autriche ou en Suisse.

### Les usages

Dans la filière biomasse solide, les usages domestiques sont prédominants, le chauffage urbain et collectif devient de plus en plus important, les villes admettant de plus en plus ce combustible, parfois même le privilégiant. À titre d'exemple, la chaufferie bois de Besançon a une puissance de six mégawatts et couvre les besoins de 2 500 logements. Un réseau de chaleur de treize kilomètres pour une puissance de cent mégawatts peut y être raccordé.



Le bois énergie évite le rejet de plus de 10 000 tonnes de gaz carbonique par an. Chaufferie bois, Besançon.

J.C. Sexe/Ville de Besançon

### La production de biocarburants (technologies actuelles) et surfaces agricoles

	2004	2008	2010	2015
% substitution carburants	0,80 %	5,75 %	7 %	10 %
Production biocarburants	0,34 Mtep	2,63 Mtep	3,60 Mtep	5,1 Mtep
Surface agricole nécessaire	0,29 Mha	1,76 Mha	2,45 Mha	3,5 Mha

Note : Terres arables : 18,35 Mha

Source : Ademe

D'autre part, le traitement des fumées par filtres à manches permet de réduire le taux de rejets de fumées à 50 mg/m<sup>3</sup>, soit deux fois moins que la valeur imposée par la réglementation actuelle. Ce type de chauffage doit aussi se doter de dispositifs anti-pollution pour réduire les émissions d'oxydes d'azote (Nox)<sup>(2)</sup>. Si les grandes installations de chauffage bois le font et sont aisément contrôlables, un énorme effort doit être fait sur le chauffage individuel très polluant. À cet effet une déduction fiscale de 50 % a été mise en place pour les particuliers qui changent leurs poêles ou chaudières à bois.

### Les biocarburants : un nouveau débouché pour l'agriculture ?

#### Le contexte européen

Les directives européennes, fixant un taux d'incorporation de 5,75 % de biocarburants à l'horizon 2010 dans les carburants utilisés pour les transports, ont été modifiées lors du sommet européen des 8 et 9 mars 2007. La nouvelle directive fixe comme objectif minimal une incorporation de 10 % d'ici 2020, avec des mesures contraignantes comme pour les autres énergies renouvelables. De fait, cet objectif nécessite que la production ait un caractère durable et que des biocarburants de seconde génération (actuellement au stade de la recherche) soient mis sur le marché. Pour cela, des progrès doivent être faits dans l'utilisation totale de la plante à des fins énergétiques et dans le domaine de l'exploitation de la ligno cellulose.

### Un programme national plus ambitieux que les objectifs européens

La France s'est fixée des objectifs ambitieux, devançant l'échéance européenne de cinq ans : en atteignant 5,75 % des besoins de carburants à l'horizon 2008, 7 % en 2010 et 10 % en 2015.

L'investissement prévu est de 1,2 milliards d'euros (30 000 emplois pourraient être créés dans le secteur agricole, de l'approvisionnement et de la transformation) pour la construction de vingt et une usines, dont six produisant du bioéthanol et quinze du biodiesel. Le bioéthanol, issu de la betterave en France, de la canne à sucre au Brésil ou encore du maïs aux États-Unis, est rajouté à l'essence. Le biodiesel est essentiellement produit à partir des oléo protéagineux comme le colza et plus marginalement le tournesol.

Mais un véritable problème de fond va se poser quant à l'usage de la terre, son partage avec les usages alimentaires, les ressources en eau, le respect de la biodiversité... 19 % des terres arables devraient, en effet, être utilisées pour répondre seulement à 10 % de la consommation de carburants. Se poserait alors la question du « comment, combien ? » afin de rendre efficient le tandem énergie renouvelable-maîtrise de l'énergie.

### Vers un développement du biogaz agricole ?

Le biogaz est fabriqué à partir de la fermentation des déchets qui dégagent du méthane. Le méthane est un gaz à effet de serre extrêmement violent dont il faut se débarrasser en le brûlant en co-génération, ou en le transformant en un biocarburant après dépollution. La méthanisation permet de traiter les déchets organiques, de recy-



*Éolienne de 6,5 kilowatts alimentant le centre de stockage de déchets ultimes, Guitrancourt, Yvelines.*

B. Raoux/laurif

cler et restituer la matière organique et les éléments fertilisants majeurs aux sols cultivés, et de produire une énergie renouvelable et locale. Son utilisation, comme énergie contemporaine, permet de se débarrasser d'une pollution et de produire de l'énergie, donc d'enclencher un cercle vertueux.

Les gisements de bio gaz se situent dans les décharges, désormais appelées centres d'enfouissement, dans les stations d'épuration industrielles et municipales, dans les méthanisations de déchets urbains, c'est-à-dire la partie fermentescible des poubelles et enfin dans les déchets agricoles. Si les déchets urbains sont utilisés depuis longtemps, le bio-gaz agricole est encore très peu développé en France. Doté d'un gros potentiel, il pourrait être un nouveau

### Le biogaz agricole allemand, un exemple à suivre

**2005** : 665 MWe pour 2 700 unités de fermentation.

**2006** : 1 215 MWe pour 3 500 unités, soit 550 MWe installés en une année.

débouché pour les agriculteurs. Les déjections animales pourrait également être utilisé comme le fait l'Allemagne. Pour la France, elles représentent l'équivalent d'une production de 683 000 tonnes de méthane, soit 806 000 tep, permettant de produire plusieurs centaines de mégawatts de biogaz.

Les technologies existent mais la demande est encore insuffisante en la matière. Investir dans le biogaz coûte encore relativement cher car il faut dépolluer le métal rejeté dans l'atmosphère ou brûlé en torchère. En Allemagne, les tarifs d'achat sont pourtant bons, et créés des demandes, augmentant les capacités de production. Le regroupement en coopératives des unités de fermentations agricoles<sup>(3)</sup>, avec la mise en commun des outils de production pour atteindre la taille critique est une solution. La situation en France, où cette ressource agricole fermentescible reste inexploitée, devrait évoluer avec l'adoption en juillet 2006 d'un nouveau tarif d'achat : 7,5 et 9 c€/kWh, selon la puissance de l'installation, auxquels s'ajoutent une prime à l'effi-

capité énergétique allant jusqu'à 3 c€/kWh et une prime à la méthanisation de 2 c€/kWh, pour une durée de quinze ans. Les Allemands, à la limite de la saturation d'utilisation du bio gaz agricole, imaginent de co-fermenter les déjections animales et le maïs exclusivement cultivé pour cela. Reste à décider s'il faut consacrer des surfaces agricoles à la culture énergétique, bien même que cette fabrication se fasse sur du déchet.

### Le monde rural, principal acteur de l'éolien

L'éolien est une technique très performante et très profitable pour le monde agricole : son rendement énergétique est vingt-cinq fois supérieur à celui du colza ou du tournesol. La question de l'usage final du sol ne se pose pas puisqu'il est possible de faire de la culture ou de l'élevage sous les éoliennes qui connaissent une véritable réversibilité de la technologie. Les acteurs locaux, partenaires à part entière, peuvent trouver un intérêt certain :

- un loyer annuel de 1 200 à 1 600 € par MW installés au bénéfice des exploitants acceptant des éoliennes sur leur terrain<sup>(4)</sup>. Les fermes éoliennes, produisant actuellement entre 8 et 12 MW, vont désormais pouvoir augmenter leur production grâce à la création des zones de développement éolien (ZDE) qui supprime le plafond des 12 MW. Les Danois exploitent souvent leurs sites éoliens en coopératives.
- l'éolien, soumis à la taxe professionnelle, constitue également une source de revenus importante pour les communes rurales ou leurs intercommunalités. Compte tenu du haut

(2) Les oxydes d'azote (Nox) sont composées de monoxyde d'azote (No) et de dioxyde d'azote (No<sup>2</sup>).

(3) Comme en Allemagne ou au Danemark.

(4) Ce loyer foncier est valable pour vingt ans.



niveau d'investissement, les recettes de taxe professionnelle se situent entre 4 000 et 10 000 €/MW installés.

L'énergie éolienne est maintenant en forte croissance en France car elle bénéficie d'un contexte national législatif et tarifaire très favorable. Alors qu'il y a quinze ans, la France était réticente à l'éolien et produisait à peine 50 MW, plus de 2 000 MW sont aujourd'hui installés, et représente la consommation énergétique de 1,6 million de foyers.

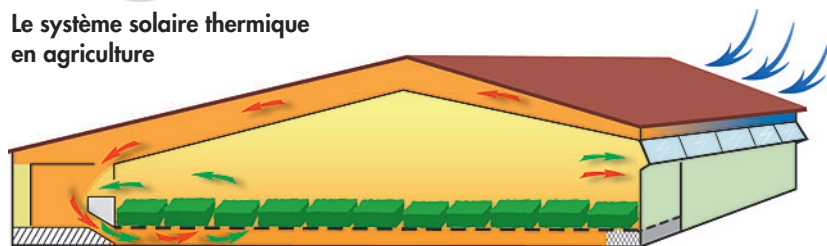
Par contre l'Île-de-France, au potentiel énorme en la matière, reste encore en retrait du fait d'une «diabolisation» de l'éolien par les rurbains. Des choix politiques devraient favoriser son développement sur le territoire francilien.

### La petite hydraulique : un outil d'appoint

En France, environ 1 700 petites centrales hydrauliques sont en activité, pour une puissance d'un peu plus de 2 060 MW. Le potentiel supplémentaire est estimé à 1 000 MW : des discussions sont actuellement en cours sur le partage des eaux avec les pêcheurs.

En Île-de-France, seule la petite hydraulique de basse chute est exploitée et les gisements potentiels sont peu importants : quatre centrales, installées à Méricourt (9,7 MW), Thomery (3,4 MW), Varennes-sur-Seine (3,2 MW) et La Cave à Chartrettes (2,7 MW) produisent au total 37,4 Wh pour une puissance cumulée de 19 MW.

### Le système solaire thermique en agriculture



Séchoir à fourrage, Vesc, Drôme.

### La forte croissance de l'énergie solaire thermique

L'énergie solaire thermique se développe fortement grâce au soutien financier des régions pour les réalisations collectives ou professionnelles, ou pour les applications individuelles, à la mesure du crédit d'impôt couplée aux aides régionales.

En 2005, les surfaces annuelles installées en France représentaient 164 400 m<sup>2</sup> (puissance équivalente de 115 MWth), et le parc cumulé de capteurs solaires, 914 000 m<sup>2</sup> (puissance équivalente à 640 MWth<sup>(5)</sup>). Ce secteur économique est devenu assez florissant et les quelques produits français sont aujourd'hui concurrencés par les capteurs allemands, autrichiens ou encore chinois. Le solaire thermique basse température permet de fournir de l'eau chaude pour les douches, les cuisines, les hôpitaux ou encore les cantines et fonctionne bien en usages domestiques en France.

### L'utilisation du solaire thermique en agriculture

Le solaire thermique s'utilise également en agriculture :

- les chauffe eau solaires préchauffent l'eau pour les besoins professionnels (salle de traite, atelier veaux) et/ou domestiques en basse température ;
- pour le séchage des fourrages, des capteurs solaires réchauffent l'air de ventilation pour extraire l'humidité des fourrages. Le toit de ces installations est un capteur rustique composé d'un double toit dans lequel

l'air s'échauffe puis est ventilé au plancher avant d'être soufflé, contribuant ainsi au séchage agricole. De nombreuses références existent en France.

Par contre, les milieux industriels (pharmacies, agroalimentaire, teintureries...) n'ont pas encore fait le choix d'une production d'eau chaude solaire pour leurs usages basse température. Le renchérissement des énergies fossiles et les pénalités sur le carbone devraient favoriser largement cette forme de production solaire.

### La genèse du photovoltaïque

Le photovoltaïque est un procédé permettant de produire directement de l'électricité à partir du rayonnement lumineux solaire, à travers un capteur. La puissance raccordée aujourd'hui au réseau est de 12,3 MWc, ce qui est modeste car jusqu'à présent la France ne s'intéressait pas à cette énergie, considérant qu'elle était plutôt destinée aux pays du tiers monde.

En France, la puissance totale raccordée fin 2006 était de 32,7 MWc (12,3 MWc relié au réseau et 20,4 MWc hors réseau), dont 6,4 MWc installés en 2006 (6,1 MWc relié au réseau et 0,3 MWc hors réseau).

### Un nouveau contexte favorable au photovoltaïque

Le contexte actuel est favorable au photovoltaïque car le tarif d'achat pour la France, depuis juin dernier, est inespéré : 30 c€/kWh + 25 c€/KWh si le système est intégré dans le bâtiment, avec un cumul possible avec le système de certificats verts. La France a pris conscience que chaque toiture ou chaque façade bien orientée pourrait être considérée comme un producteur d'électricité contribuant à la maison positive ou à zéro énergie et délivrerait ainsi des kilowattheures

supplémentaires sur le réseau. Les toits constituent du territoire déjà bâti, donc des surfaces disponibles sans frais supplémentaires. Les propriétaires peuvent directement vendre leur électricité, ou louer leur toiture à des opérateurs spécialisés. Ainsi, Michelin, en Allemagne, a équipé toutes ses usines d'immenses toits photovoltaïques qui produisent plusieurs centaines de kilowatts photovoltaïques. La firme loue ses toitures à un opérateur électrique, qui peut ainsi monter un parc de production.

## La géothermie

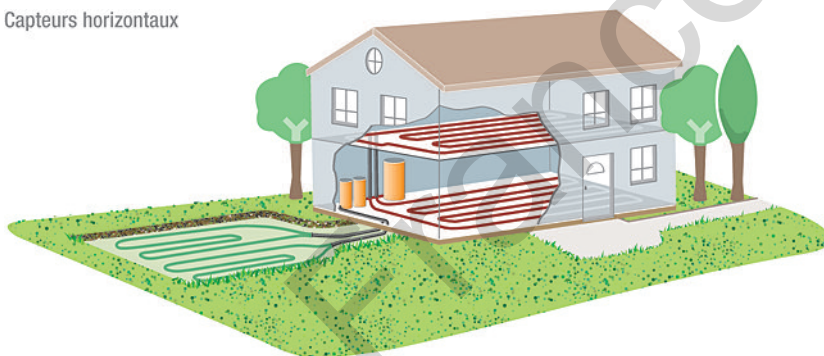
Les pompes à chaleur (Pac), notamment les pompes à chaleur géothermales (PACG) sont des systèmes qui relèvent à la fois de la maîtrise de l'énergie, du bon usage de l'électricité, et, sous certaines conditions, de l'usage des énergies renouvelables. Ce système permet de capturer de l'énergie (eau, air) à l'extérieur d'une habitation et de la restituer à l'intérieur à un niveau de température plus élevé. L'efficacité de ces systèmes, mesuré d'après le coefficient de performance<sup>(6)</sup> (COP) est inégale et varie selon les saisons. Le rendement énergétique est jugé efficace dès lors qu'il est supérieur à trois, c'est-à-dire que pour un kilowattheure électrique utilisé, la pompe à chaleur doit restituer au moins trois kilowattheures thermiques. Les mesures fiscales actuelles ont également retenu l'installation de pompes air – air, dont le COP est loin d'être aussi performant surtout lorsqu'elles sont installées sur des systèmes anciens de réhabilitation de chauffage central qui fonctionnent plutôt à 80° C. Les pompes à chaleur sont une technique qui se répand très rapidement : 18 000 pompes à chaleur étaient installées en 2005 pour un parc total de 68 000 unités, et plus de 20 000 en 2006.

## Le fonctionnement des pompes à chaleur géothermales

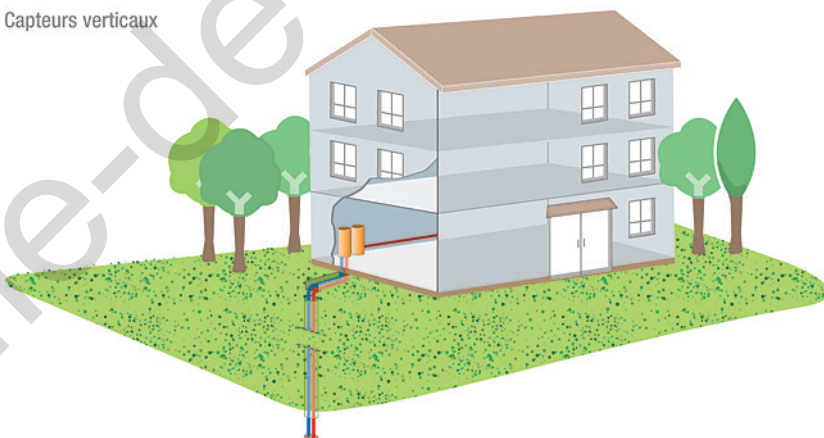
Les pompes à chaleur géothermales fonctionnent avec des capteurs sous formes de réseaux de tubes enterrés : ils peuvent être horizontaux et doivent alors être prévus au moment de la construction d'une maison. Le souvenir de leur emplacement doit être précis pour éviter que le matériel soit par la suite détérioré, notamment par des racines d'arbres. Ils peuvent aussi être verticaux, nécessitant un forage, mais la ressource est meilleure et plus pérenne.

### Les pompes à chaleur géothermales : les capteurs horizontaux et verticaux

Capteurs horizontaux



Capteurs verticaux



Une utilisation optimisée de l'ensemble des ressources en énergies renouvelables modifiera certainement les espaces ruraux et leurs paysages. Elle aura aussi un impact important sur leurs activités économiques et leurs capacités à produire des richesses durables et renouvelables.

(5) Comprenant les départements d'Outre-mer.

(6) Il s'agit du rapport entre l'énergie utilisée et l'énergie fournie par la pompe.



### *Rural space and the local production of renewable energies in the Paris Region*

*On the basis of the energy footprint assessments and the studies on renewable energy potentials in the Paris Region carried out by the Arene notably in partnership with the Ademe, Philippe Salvi, Head of Energy Projects (Arene), has assessed the share that renewable energies could represent in the Paris Region by 2050. This initial analysis takes into account the target aim of cutting greenhouse gas emissions by four by the year 2050. The findings of the study concluded that the Factor Four target can be achieved in the Paris Region by 2050, if the potential in renewable energy is fully exploited, and if a significant effort in terms of energy saving is also made, namely by cutting by a factor of three total energy consumption. In this case, a quarter of the energy consumed in the Paris Region in 2050 would come from renewal sources. Being an unusual region in terms of its relationships with local and renewable energies, what are the local production capacities in the Paris Region?*

## L'espace rural et la production locale d'énergies renouvelables en Île-de-France

**Philippe Salvi**

Arene

Synthèse réalisée par l'Aurif<sup>(1)</sup>

Sur la base des bilans énergétiques et études de potentiels en énergies renouvelables de l'Île-de-France réalisés par l'Arene en partenariat notamment avec l'Ademe, la part représentée par les énergies renouvelables en Île-de-France en 2050 est évaluée. Il ressort que le Facteur 4 peut être atteint en Île-de-France si le potentiel en énergie renouvelable est pleinement exploité et si un effort important d'économies d'énergie est parallèlement réalisé : division par trois des consommations finales d'énergie par rapport à nos consommations actuelles. Dans ce cas, le quart de l'énergie consommée en 2050 proviendrait des énergies renouvelables en Île-de-France, région singulière, dans ses rapports avec les énergies locales et renouvelables. Quelles sont les capacités de production de ces énergies locales en Île-de-France ?

(1) Analyse réalisée par Philippe Salvi présentée lors de l'atelier, au titre de chargé de mission énergie à l'Arene, sur la base notamment d'études de potentiels Arene/Ademe.



Les cinq familles d'énergies renouvelables (biomasse, géothermie, solaire, éolien, hydraulique) ont de forts potentiels de développement en Île-de-France sauf l'hydraulique. Aujourd'hui moins développées que dans le reste de la France, les énergies renouvelables ne représentent que 4 % du bilan énergétique francilien (0,9 Mtep sur 22,3 Mtep en énergie finale), contre 6,1%<sup>(2)</sup> en moyenne nationale. Près des deux tiers de cette production proviennent de l'incinération, qui n'est pas une énergie locale strictement renouvelable. Dans l'autre tiers, bois, géothermie et biogaz ont une part à peu près équivalente. L'espace rural est un important contributeur à la production d'énergie renouvelables en Île-de-France.

(2) Cf. supra *Les perspectives de développement des énergies renouvelables en France dans et pour les territoires ruraux*, Yves Bruno-Civel.

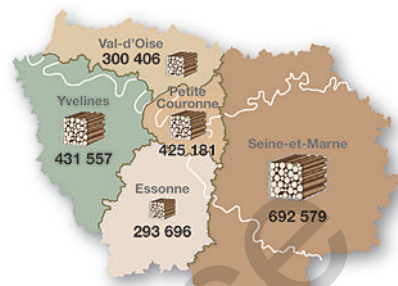
## Les énergies renouvelables en Île-de-France : le potentiel par filière à l'horizon 2050

### La biomasse : biomasse solide et biogaz

La production énergétique de la biomasse bois (notamment à partir du bois forêt) correspondait en 2003 en énergie finale à 130 ktep/an dont la presque totalité (128 ktep) pour le chauffage domestique au bois.

Ce mode de chauffage, toujours très utilisé en zone rurale pour le chauffage individuel, est de plus en plus envisagé en chaufferies collectives : lors du premier choc pétrolier, les premières chaufferies collectives au bois ont été mises en service comme notamment celles des groupes de logements collectifs à Vaires et Tournan, et depuis 2001 le conseil régional aide financièrement ce type d'installation. On notera cependant que pour une valorisation finale

### Le bois consommé pour le chauffage en Île-de-France (stères)



une stère correspond à 1m<sup>3</sup> de bois

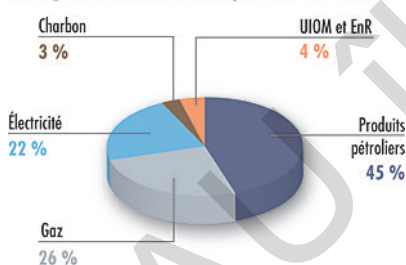
Source : Arene/Ademe/Solagro

équivalente à 130 ktep/an, il a fallu consommer près de 330 ktep/an en énergie primaire. Ce mauvais bilan énergétique résulte du très mauvais rendement du parc d'appareils de chauffage domestique au bois, notamment des cheminées à foyer ouvert qui présentent le plus mauvais rendement (10 à 15 %) encore d'appareils type poêles ou inserts dont les performances ne sont pas bonnes.

Les forêts franciliennes représentent 25 % de la surface du territoire. Mieux entretenues et mieux valorisées, elles pourraient produire du bois énergie à partir de ressources non exploitées encore aujourd'hui comme les taillis, dont on estime à 400 000 tonnes par an la production potentielle. Leur potentiel total fait l'objet d'évaluations très différentes variant de un à cinq selon que l'on se base sur les conditions du marché actuel (estimations Office national des forêts) ou sur les capacités théoriques mobilisables comme l'a fait l'Arene. Se rajoutent à cette ressource forestière, les bois d'élitage, qui augmentent avec l'urbanisation, les bois propres d'emballage, déjà un peu exploités, et les bois souillés qui pourraient être valorisés dans des chaufferies et incinérateurs adaptés. D'après les estimations de l'Arene, ce potentiel mobilisable s'élèverait à 200 ktep (énergie primaire), portant le potentiel total à terme à 530 ktep (e.p).

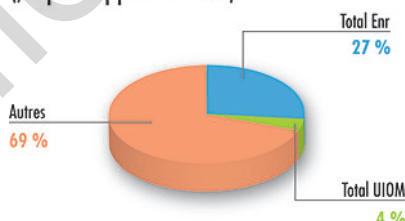
### Part des énergies locales et renouvelables\* en Île-de-France en 2003 et 2050

Énergie finale (22,3 Mtep, soit 259 TWh)



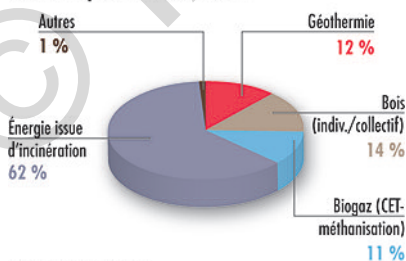
Source : études Arene/Ademe

Bilan énergétique francilien en 2050  
Total 7,5 Mtep en énergie finale  
(/3 par rapport à 2003)



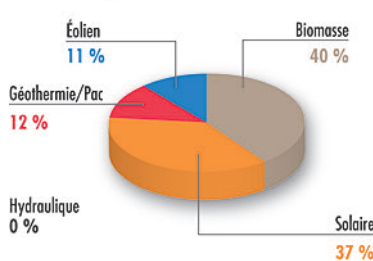
Source : Calcul prospectif, R. Salvi/mai 2007

Répartition de l'énergie renouvelable  
(0,9 Mtep, soit 10,5 TWh)



Source : études Arene/Ademe

Part par type d'énergie renouvelable



Source : Calcul prospectif, R. Salvi/mai 2007

\* Le raisonnement appliqué se fait en énergie finale. Dans les statistiques de comparaison de la production et de l'utilisation de l'énergie, il est habituel de considérer comme énergie primaire, l'énergie disponible dans la nature après la première transformation (ainsi la chaleur nucléaire, l'électricité éolienne ou l'électricité hydraulique) et comme énergie finale la forme sous laquelle elle arrive chez l'utilisateur final (ainsi l'électricité mesurée au compteur de l'abonné quelle qu'en soit l'utilisation finale : éclairage, chauffage, machines...), parce que ce sont celles pour lesquelles on dispose de données chiffrées (encyclopédie scientifique).

Ce potentiel n'est que très partiellement exploité actuellement, car la demande n'est pas forte. Mais elle se renforce depuis peu pour les chaufferies collectives au bois. D'ici 2008, les projets connus nécessiteront une production de 25 ktep/an de plus qu'en 2003 notamment pour des réseaux de chaleur : opérations de Cergy-Pontoise (quinze mégawatts), Stains (seize mégawatts), ou Achères (trois mégawatts) dont la mise en service est prévue pour octobre 2007 et qui alimentera des logements sociaux. De fait, la filière d'approvisionnement en bois se structure et pourrait entraîner de l'industrie du bois en Île-de-France. D'autres projets à l'étude permettraient d'atteindre en 2015/2020 une valorisation de l'ordre de 250 ktep dans le domaine du bois en Île-de-France (énergie finale), soit un doublement par rapport à 2003. On peut citer l'appel d'offres de l'État sur la production d'électricité à partir de la biomasse qui concerneraient deux gros projets en Île-de-France et deux autres



Sur un arbre entier, 36 % est du bois d'œuvre, 23 % fournit des bûches et 41 % peut produire des plaquettes forestières.

B. Raoux/laurif

gros projets identifiés, qui à eux seuls, consommeraient de l'ordre de 200 000 tonnes par an de bois, soit 67 ktep/an. Il s'agit de projets de cogénération notamment à partir de la biomasse. Pour évaluer le potentiel total de bois énergie exploitable à terme, il faut intégrer les gains de productivité que l'on obtiendrait en améliorant les appareils de chauffage individuel au bois et qui permettrait ainsi de gagner de l'ordre de 25 ktep/an en termes d'énergie finale produite par rapport au bilan précédent. L'ensemble de ces facteurs

pourrait permettre d'atteindre une valorisation régionale finale de l'ordre de 450 ktep/an d'ici 2050, soit un triplement par rapport à 2003.

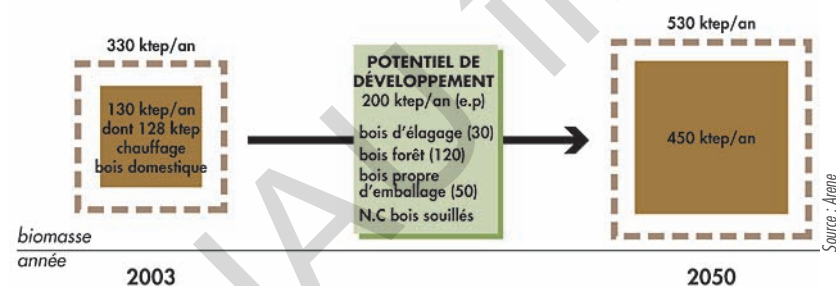
### Les autres catégories de biomasse dont le biogaz :

Actuellement, la valorisation du biogaz, provenant de la fermentation des biodéchets, représente environ 105 ktep/an. le biogaz est essentiellement issu des onze stations d'épuration (step), qui méthanisent les boues, de six centres d'enfouissement techniques (CET) des déchets et l'unité de méthanisation de déchets ménagers de Varennes-Jarcy (91).

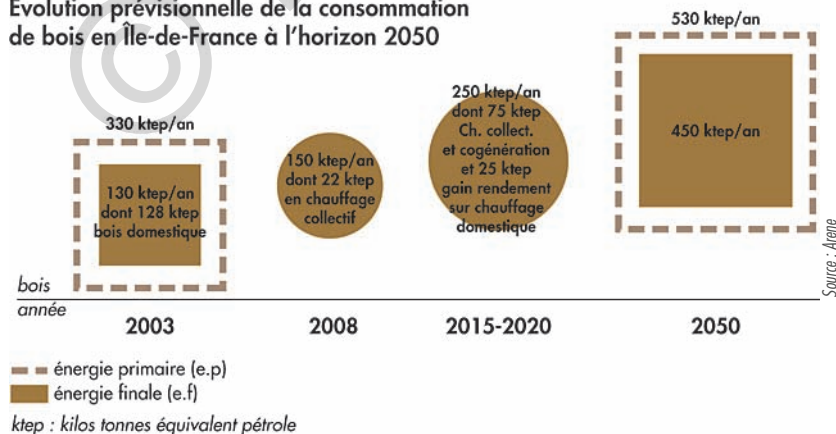
D'après des études conduites par l'Ordif et l'Arene, la filière biogaz issu de méthanisation a un potentiel supplémentaire de développement de 100 à 250 ktep/an à partir des bio-déchets ménagers, des déchets d'origine industrielle et aussi agricole.

L'Île-de-France possédait (jusqu'à récemment) l'unique réalisation française dans le secteur du résidentiel tertiaire en matière de chaufferie paille et produit plus d'un million de tonnes de paille par an. Une étude Arene/Ademe a évalué à 130 kt/an le potentiel valorisable à des fins énergétiques, ce qui représenterait 50 ktep. Les sous produits agricoles offrent également des possibilités et des études sont actuellement en cours pour analyser les potentiels et différents types de produits pouvant être valorisés. Parmi les futures cultures à potentiel, sont évoquées les cultures énergétiques (céréales plantes entières par exemple) les cultures destinées aux biocarburants mais également la culture d'autres espèces comme le sorgho, le miscanthus ou bien les cultures ligneuses de courte rotation. D'ici 2010, compte tenu de la mise en œuvre décidée de deux nouvelles unités de méthanisation à Romainville et au Blanc-Mesnil, et moyennant un développement

### Potentiel de développement de la production de biomasse en Île-de-France



### Évolution prévisionnelle de la consommation de bois en Île-de-France à l'horizon 2050



■ énergie primaire (e.p.)  
 ■ énergie finale (e.f.)  
 ktep : kilos tonnes équivalent pétrole

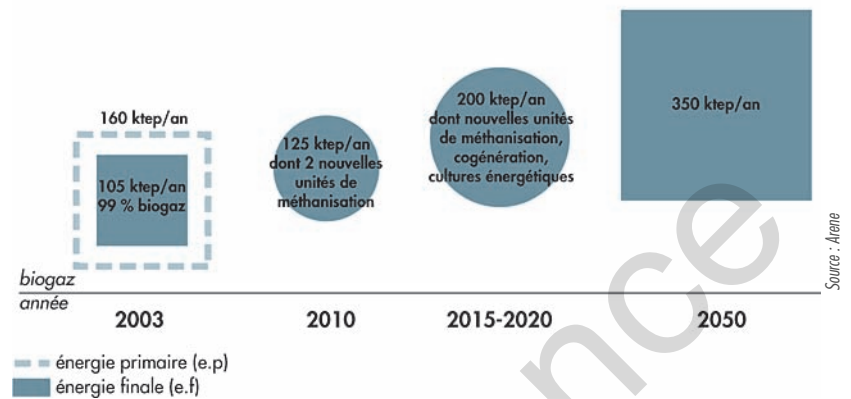
progressif de la méthanisation, la réalisation d'unités de cogénération qui pourraient notamment utiliser la paille, 125 ktep/an supplémentaires pourraient être valorisées.

En poursuivant le scénario, on atteint 200 ktep/an en 2015, permettant de fournir en chauffage et eau chaude sanitaire l'équivalent de 340 000 logements (aux normes de la réglementation thermique 2005), soit 7 % du parc francilien et, en 2050, 350 ktep/an, soit 3,5 fois le niveau de 2003.

### La géothermie, deuxième ressource renouvelable en Île-de-France

La chaleur de la terre ou «géothermie» peut puisée à différentes profondeurs du sous-sol francilien. Selon les technologies, la géothermie peut donc alimenter de gros réseaux de chaleur (centrales géothermiques) ou des maisons individuelles avec les pompes à chaleur. Il existe trente-quatre centrales géothermiques en Île-de-France en fonctionnement depuis

### Évaluation de la consommation finale de biogaz en Île-de-France à l'horizon 2015-2020 sur la base des projets de développement connus

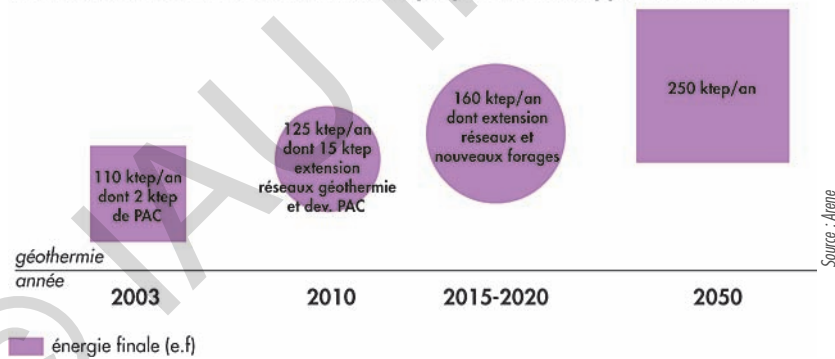


plus de trente ans (production : 110 ktep/an<sup>(3)</sup>). L'Île-de-France est leader en France pour cette filière. La pompe à chaleur (Pac), plus ou moins appréciée dans les années 1980, réapparaît sur le marché francilien dont le potentiel pourrait prétendre à mieux : seulement quelques milliers de Pac sur les 50 000 recensés en France, fournissant de l'ordre de 2 ktep. Le système de la pompe à chaleur ne peut être valable du point énergétique et économique que si les technologies

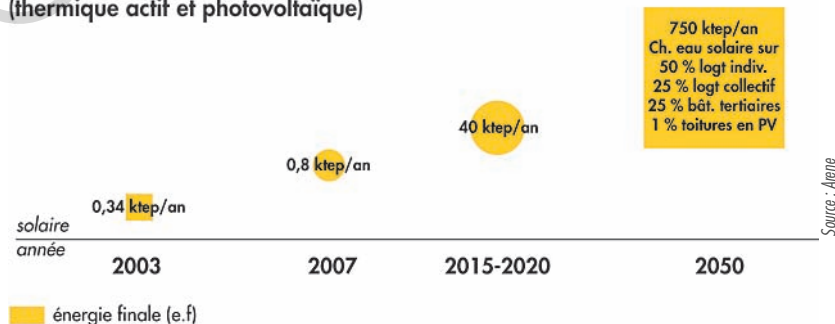
proposées s'avèrent performantes (coefficient de performance supérieur à trois).

La filière géothermique notamment via l'utilisation des ressources d'eau chaude profonde (à 1 500 m) offre de grandes possibilités de développement dans notre région à condition de réaliser de nouveaux investissements : extension des réseaux de chaleurs et nouveaux forages. Ce sujet est actuellement à l'étude dans le cadre du plan de relance de la géothermie Ademe – Région – Arene et le développement de pompes à chaleur. Compte tenu des projets déjà décidés d'extension de réseaux existants, on estime à 25 ktep/an la valorisation totale en 2010 et à 160 ktep en 2015/2020 en considérant de nouveaux forages. Si les investissements se poursuivent, on pourrait atteindre 250 ktep/an en 2050, soit 2,5 fois le niveau de 2003.

### Évaluation de la consommation finale de géothermie en Île-de-France à l'horizon 2015-2020 sur la base des projets de développement connus



### Potentiel de développement horizon 2050 du solaire (thermique actif et photovoltaïque)



### Le solaire, thermique ou photovoltaïque

Malgré un potentiel presque illimité, le solaire, thermique ou photovoltaïque reste encore très peu développé en Île-de-France. Il représentait 9 000 mètres carrés (m<sup>2</sup>) de solaire thermique et 175 kilowatts (kw) de panneaux photovoltaïques en 2003. Hormis les contraintes d'implantation

(3) En 2003.



(notamment l'exposition à privilégier au sud) toute une série de productions énergétiques sont envisageables avec le solaire : chauffage, eau chaude sanitaire, eau chaude des piscines, climatisation, électricité. Pour ce qui concerne le solaire photovoltaïque, on estime qu'à court terme 1 % des toitures franciliennes pourrait être équipé, soit 13 millions de m<sup>2</sup> pouvant produire 1 300 mégawatts (MW), ce qui n'est pas négligeable. Le rythme de développement de ces diverses technologies commence à s'accélérer grâce au soutien financier de la Région<sup>(4)</sup> et de l'Ademe. Ainsi en 2007, 20 000 m<sup>2</sup> de capteurs thermiques seront installés dont 85 % sur du collectif. La société Prologis vient d'installer 1 600 kW en une opération à Moissy-Cramayel, sur le territoire de Sénart.

Compte tenu des développements en cours, l'objectif de 35 000 m<sup>2</sup> de solaire thermique en 2010, fixé par la Région dans son plan énergie, devrait être dépassé. On peut donc estimer qu'en 2015/2020, 650 000 m<sup>2</sup> de capteurs thermiques auront été installés ainsi que 100 MW de photovoltaïque. En poursuivant la prospective, en 2050, le solaire thermique se sera généralisé là où il peut être implanté : les panneaux solaires fournissant l'eau chaude devraient équiper 50 % des logements individuels, 25 % des logements collectifs, 25 % des bâtiments tertiaires. La technologie ayant progressé, les rendements seront très certainement plus intéressants en 2050, améliorant de fait ces chiffres prévisionnels.

### L'éolien

L'utilisation de l'éolien à grande échelle est quasi absente en Île-de-France à cause des méfiances encore exprimées à son encontre.

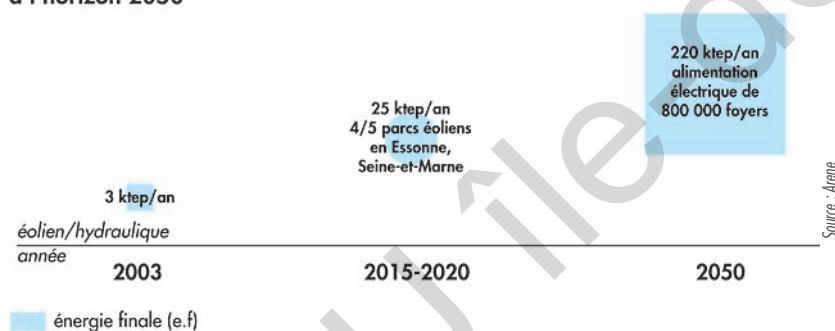
Pourtant, le potentiel francilien est intéressant notamment sur les franges de la région comme le montre l'atlas éolien francilien réalisé par l'Ademe et l'Arene en 2002 à partir des données cartographiques de l'Aurif et des données météorologiques (mesures de vitesse du vent) fournies par Météo-France.

Les potentiel énergétique de l'éolien a été évalué à 1 000 MW, soit une production équivalente à 215 ktep, autant que la production actuelle de la géothermie et du biogaz, et l'équivalent de l'alimentation électrique de 800 000 foyers. Les évolutions technologiques devraient également permettre d'augmenter les puissances unitaires des éoliennes, permettant de mieux exploiter ce gisement de vent et de fournir encore plus d'énergie. Les parcs éoliens se localiseront principalement en zone rurale. À l'horizon 2015/2020, des implantations seront possibles en Essonne et en Seine-et-Marne, et dans un proche avenir, des zones d'activités déjà identifiées pourraient accueillir des éoliennes. En revanche, la contribution des zones urbaines à la production de cette énergie (via le petit éolien) devrait être marginal. Si l'acceptation des projets éoliens est relativement difficile pour l'instant, on peut penser que d'ici 2050, les opinions auront évolué et qu'il sera alors possible d'implanter plus largement l'éolien en Île-de-France.

Le potentiel de développement de l'hydraulique est juste mentionné car les ressources régionales sont faibles et tous les sites à potentiel important sont déjà équipés, avec une puissance installée de 16 MW en 2003.

(4) À l'exemple du lycée zéro énergie de Limeil-Brevannes (photo d'accroche).

### Potentiel de développement de l'éolien et de l'hydraulique en Île-de-France à l'horizon 2050



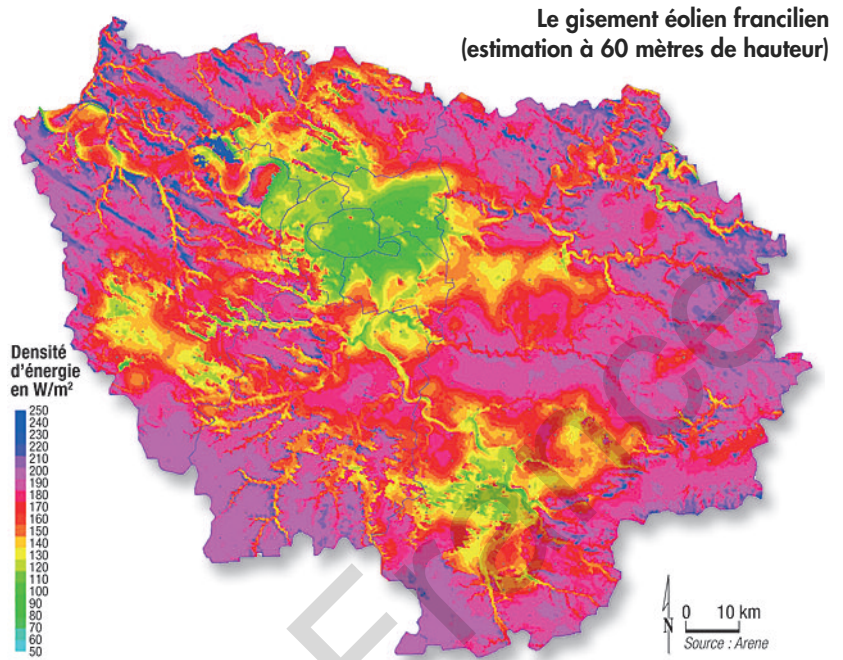
### L'acceptation de l'éolien par la population

Les zones rurales franciliennes accueillent de plus en plus ceux qu'on appelle les rurbains, c'est à dire des non-ruraux qui recherchent avant tout la tranquillité et ne veulent pas que leur lieu de vie change. C'est là une importante difficulté mais qui ne doit pas empêcher l'Île-de-France d'être présente sur l'ensemble des filières énergétiques. Actuellement, les attitudes de refus, comme dans le Vexin, poussent les investisseurs à s'installer plus loin, aux franges de l'Île-de-France. L'éolien a pourtant de grosses capacités dans les espaces ruraux franciliens, permettant à certains espaces de produire plus d'énergies qu'il n'en consomme. De même qu'utiliser l'énergie solaire dans un territoire ne conduit pas à installer des capteurs sur toutes les maisons, installer de l'éolien ne veut pas dire planter des éoliennes partout. Le refus actuel des habitants de certains territoires n'empêchera pas le développement de l'éolien en Île-de-France car les mentalités évolueront...

Michel Vampouille, Vice-président chargé de l'environnement, du développement durable et de l'éco-région, conseil régional d'Île-de-France ; Vice-président du parc naturel régional du Vexin français

## Des défis à relever pour atteindre le Facteur 4 ?

La loi fixe comme obligation la réduction des émissions de gaz à effet de serre par quatre d'ici 2050, ce qui impliquerait selon l'analyse de Philippe Salvi à la fois une réduction des consommations par trois et un quart d'énergie finale tirée de l'exploitation des potentiels en énergies renouvelables de l'Île-de-France n'émettant pas de CO<sub>2</sub>. D'après ses calculs en les mobilisant par palier, les différentes énergies renouvelables pourraient représenter en Île-de-France 27 % de la consommation d'énergie finale en 2050, l'objectif est donc théoriquement réalisable. Il implique cependant un fort engagement de chacun, car, au-delà des possibilités techniques, des problèmes spatiaux se posent. Dans l'espace rural où l'habitat individuel est prédominant, les consommations sont peu concentrées ce qui représente un inconvénient majeur dans le développement des énergies locales type biomasse. Cela rend également très difficile la desserte par réseaux de chaleur. L'absence de réseaux collectifs de gaz favorise aussi l'installation de chauffages électriques, ce qui pose un problème pour des conversions à d'autres types d'énergie. Du point de vue des productions, d'après les estimations précédentes, la plus grosse partie sera fournie par la biomasse, ce qui aura un gros impact sur les territoires ruraux qui vont devenir de forts contributeurs de la consommation d'énergie francilienne. Le solaire connaîtra également un fort essor en se généralisant. La géothermie gardera sa part relative dans un total en forte progression, et l'éolien montera en puissance. Les actions à mettre en place pour développer les énergies renouvelables sont donc identifiées, mais quand bien même tous les freins étaient levés, leur développement ne



*Afin d'apprécier les modalités d'exploitation de l'énergie éolienne suivant ses applications (petite puissance en site isolé, ferme éolienne raccordée au réseau, ...), la modélisation numérique a été réalisée à différentes hauteurs au-dessus du niveau du sol : 10, 30, 60 et 90 mètres. Exprimé en densité d'énergie éolienne potentiellement exploitable par unité de surface (en watts par mètre carré), le gisement a été cartographié pour chacune de ses hauteurs avec une hiérarchisation des zones par une échelle de couleur.*

pourra contribuer que pour le quart de l'effort nécessaire. L'enjeu majeur reste la maîtrise de l'énergie, et au-delà des études sur les EnR, il faut absolument se concentrer sur cette indispensable réduction. Alors, si effectivement les consommations ont été divisées par trois, les émissions de CO<sub>2</sub> pourront être divisés par quatre en 2050.



*Le potentiel naturel des énergies renouvelables est important en Île-de-France.*

B. Raoux/laurif

# L'espace rural et la production locale d'énergies renouvelables

Table ronde animée par **Véronique Lamblin**

Directrice d'études, prospective et stratégie

Groupe Futuribles

Pour ce débat, nous retrouvons **Rémi Fortier**, technicien à la Chambre d'agriculture de Seine-et-Marne, **Geoffrey Berlemont**, chargé de mission énergie du parc naturel régional du Gâtinais français, **Thierry Cot**, directeur du parc naturel régional du Vexin français, **Ambroise Graffin**, chargé de mission à l'Office National des Forêts, **Richard Loyen**, délégué général d'Enerplan<sup>(1)</sup> et Madame **Nicole Delporte**, Maire de Bois-le-Roi, présidente de la base régionale de loisirs de Bois-le-Roi.

**L**a table ronde s'articule autour de la gestion de l'espace rural et de la production locale d'énergies renouvelables à travers trois thématiques :

- les acteurs économiques impliqués dans les nouvelles filières ;
- l'enjeu de la formation aux nouveaux métiers ;
- les difficultés des collectivités locales franciliennes pour développer les énergies renouvelables, à travers l'expérience de deux parcs naturels régionaux (Gâtinais, Vexin) et de la commune de Bois-le-Roi.

Face aux calculs prospectifs théoriques des experts sur le potentiel des énergies renouvelables locales, quelle est la réaction des professionnels ? Les différents corps de métier sont-ils suffisamment formés et informés des évolutions techniques ? les collectivités locales ont-elles les moyens d'être un relais efficace ?



*La filière bois a un réel potentiel de développement en Île-de-France, stockage de bois de chauffage, Guibeville, Essonne.*

B. Raoux/laurif



## Les acteurs économiques impliqués dans les nouvelles filières

Les études de l'Arene montrent que la biomasse est le premier potentiel d'énergie renouvelable (EnR) en Île-de-France. Au regard des perspectives de développement de la filière bois, quelle est la position de l'office national des forêts (ONF) et du monde agricole ?

## La politique de l'Office national des forêts

La filière bois a un potentiel de développement réel en Île-de-France, mais des conditions de développement malaisées. Si l'ONF gère en Île-de-France un vaste domaine forestier domanial ou communal (environ 80 000 hectares), la densité d'habitat et les difficultés de transports sont un véritable frein au développement de la filière. Développer un combustible bois (en Île-de-France) qui occupe trois fois plus de place qu'un combustible fossile n'est pas chose aisée.

Les moyens de répondre d'une manière plus adaptée à une demande croissante ont été développés. La filiale Bois NF Énergie a récemment été créée par l'ONF pour approvisionner les unités consommatrices (les chaufferies bois) avec un nouveau produit : la plaquette forestière. Cette dernière est fabriquée à partir des «rémanents forestiers», bois non utilisé représentant en moyenne près de la moitié d'un arbre, son poten-



De gauche à droite : François Dugeny, Mireille Ferri et Gérard Lacoste.

P. Thiot/laurif



Station de stockage de bois de récupération pour la transformation en plaquettes pour chauffage, Chessy, Seine-et-Marne.

B. Raoux/laurif

tiel est donc très important. En Île-de-France, l'ONF évalue les besoins en plaquettes forestières à long terme à 15 à 20 000 tonnes par an dans les conditions actuelles du marché, à 4 000 à 5 000 tonnes pour les deux ou trois ans à venir. L'affichage de ce potentiel devrait avoir un rôle incitatif sur le développement de chaufferies, qui s'accélère déjà depuis quelques années. Il faut donc se préoccuper de l'adéquation entre l'offre et la demande et du calibrage de l'activité pour les années à venir, notamment pour la logistique. L'ONF a créé une marque, dont la labellisation est en cours, avec des coopératives forestières «Forêt énergie» qui liste une série de critères et de qualités pour les plaquettes fournies et permet d'avoir une traçabilité sur l'origine des produits. De nombreuses discussions visent également à obtenir une normalisation des combustibles et des groupes de travail étudient les modalités de la certification.

On est donc à un stade où la filière est prête, mais où la demande reste faible : aussi, alors que NF Énergie avait une offre pour l'année écoulée (France entière) de 200 000 à 300 000 tonnes de plaquettes, les ventes ne se sont concrétisées que sur 30 ou 40 000 tonnes, soit moins de 15 % de l'offre. La plaquette reste un produit comparativement cher,

(1) Association professionnelle travaillant sur les formations et les certifications des filières énergies renouvelables.



Trémie d'alimentation du four de la chaufferie à paille de céréales (1 600 kw), alimentant 250 logements HLM (1 155 t/an de CO<sub>2</sub> d'origine fossile évité), Villeparisis, Val-de-Marne.

B. Raoux/laurif



Ambroise Graffin.

P. Thiot/laurif

“ Développer un combustible bois en Île-de-France qui occupe trois fois plus de place qu'un combustible fossile n'est pas chose aisée. ”

Ambroise GRAFFIN, Office national des forêts

“ Le développement des filières agricoles non-alimentaire ne changera guère les comportements des agriculteurs : dès lors qu'ils connaissent déjà les cultures, il s'agit simplement pour eux d'un autre usage, et l'assolement ne sera modifié que s'il y a une demande supérieure pour ce nouvel usage. ”

Rémi FORTIER, Chambre d'agriculture de Seine-et-Marne



Thierry Cot, Richard Loyen et Rémi Fortier.

P. Thiot/laurif

## La pollution

Entretien avec Paul Cassin, chef du service air-énergie-bruit, Conseil régional d'Île-de-France

La filière bois permet d'éviter les émissions de CO<sub>2</sub>, mais augmente les émissions de NOx. Faut-il contraindre le développement de la filière bois énergie pour des raisons de pollution locale ?

**Paul Cassin :** Deux documents cadres régionaux, qui s'appliqueront à moyen terme, posent toute l'ambiguïté de l'usage du bois en terme énergétique : Dans les volets six et sept « Changement climatique », le contrat de projet 2007-2013, signé par l'État et la Région préconise une large promotion de la biomasse. À contrario, les groupes de travail du plan régional de la qualité de l'air (PRQA), en cours de révision sous la responsabilité de la Région, sont très hostiles au bois, qui dans sa combustion émet des Nox contribuant à la pollution de l'air. Certains pays européens comme l'Autriche, la Suisse ou l'Allemagne ont fait le choix de réglementations très contraignantes pour les chaufferies, permettant d'améliorer les technologies. Afin d'avoir une connaissance très précise sur l'impact de l'usage et du développement de la filière bois, le conseil régional travaille en étroite collaboration avec la direction régionale de l'industrie de la recherche et de l'environnement (Dire) : pour tous les projets, des études de faisabilité permettent d'anticiper l'impact sur la qualité de l'air. Ainsi, les chaufferies de taille conséquente devront avoir recours aux meilleures technologies disponibles pour réduire les émissions de NOx.

en particulier en Île-de-France. Dans certaines régions, des politiques incitatives permettent, par le basculement des subventions, d'opérer un transfert vers la plaquette forestière dès que le gisement de bois bûche commence à se tarir. Ces opérations de transfert constituent un levier important permettant ainsi d'orienter les consommations dans un but d'équilibre général. On ne peut cependant pas cacher les problèmes de pollution liés à la combustion de ce matériau : si le traitement des fumées pour catalyser les oxydes d'azote (Nox)<sup>(2)</sup> est maintenant bien maîtrisé dans les nouvelles générations de chaufferies bois, les plus anciennes et les installations individuelles (poêles ou foyer ouvert) posent un réel problème de pollution atmosphérique.

## Le monde agricole

Les filières agricoles non alimentaires se développent aussi rapidement. Comment est perçue cette tendance par la profession ?

Sur le fond, cela ne changera guère les comportements des agriculteurs : dès lors qu'ils connaissent déjà les cultures,

il s'agit simplement pour eux d'un autre usage, et l'assolement ne sera modifié que s'il y a une demande supérieure pour ce nouvel usage.

De plus, les agriculteurs sont, en général, liés par des contrats avec ces différentes filières, ce qui limite leurs risques. L'Île de France s'est engagée dans un inventaire qui descendra à l'échelle cantonale pour évaluer la biomasse qui pourrait être utilisée à des fins énergétiques ou par d'autres filières comme les agro-matériaux. Ses résultats devraient être restitués d'ici quelques mois. Actuellement, on parle beaucoup du développement des filières agro-carburant : bio-éthanol ou diester. L'implantation d'une usine de production de diester aux portes de la Seine-et-Marne va avoir un impact notable sur les assolements de cultures en Ile-de-France et le développement pour des fins énergétiques sera très certainement important, d'autant qu'il peut y avoir anticipation sur les besoins de cette usine à terme.

Des projets de filières bio-éthanol sont à l'étude à Provins notamment avec l'extension d'une usine de production d'éthanol déjà existante. La demande croissante de bio-éthanol montre qu'il y a des capacités d'absorption fortes de la production de la biomasse agricole pour des usages non alimentaires. Le colza est particulièrement concerné par la concurrence entre l'usage alimentaire ou non. Toutefois, il est certain que l'agriculteur fera son choix en fonction des prix proposés par la filière.

## La mutation rapide de l'agriculture

La Seine-et-Marne voit apparaître de nouvelles cultures sur son territoire et des études départementales sont en cours sur les potentialités de production et de débouchés. De grands groupes travaillent aussi sur ce thème et passent des contrats avec les agriculteurs pour planter de nouvelles

En 2006, les cultures énergétiques en Île-de-France en 2006 couvrent 35 200 hectares, soit 5 % de la surface agricole utilisée.

- Pour les filières diester et huile végétale, le colza prédomine, 30 000 hectares dédiés à un débouché énergétique soit 46 % de la superficie totale utilisée par cette plante. Depuis 2004, cette superficie a été multipliée par 2,5. Le colza est une culture intéressante car peu exigeante en eau comparée au maïs. Son expansion n'est cependant pas sans limite car elle rentre dans un assolement agronomique ;
- pour la filière diester, le tournesol est exploité sur 600 hectares ;
- pour la filière bio éthanol, le blé bio éthanol est cultivé sur 2 100 hectares, ce qui représente à peine 1 % de la superficie totale cultivée en blé.

Actuellement, une politique incitative vise à développer ce genre de cultures énergétiques, notamment avec une aide versée de l'ordre de 45 euros par hectare.

Jean-Marie Stephan, Driaf

cultures dont ils assureront les débouchés, sans même parfois prévenir la chambre d'agriculture. Un besoin de structuration est donc essentiel : il faut mettre en place un dispositif de coordination au niveau de la région mais sans cesser d'évoluer car les potentialités de développement durable sont importantes. Les cahiers des charges des certifications sont établis en fonction des filières et les agriculteurs sauront s'adapter. De plus en plus nombreux à vouloir se lancer dans l'alimentation de chaufferies à partir de la biomasse, les agriculteurs cherchent à s'associer avec des chauffagistes, mais ont des difficultés à en trouver qui soient formés à cette technique. La carence des formations des professions d'installateurs ou de maintenance a des conséquences sur la demande. Ainsi, les collectivités intéressées par les chaufferies biomasse sont freinées par les coûts d'investissements et la rareté

de la maintenance. C'est le même problème que pour d'autres filières à énergies renouvelables. Personne ne sait quelle sera la solution énergie renouvelable la plus économique dans dix ans, ce qui freine les investissements. À long terme, il est pourtant sûr qu'en coût global, et compte tenu des coûts d'augmentation inévitables des énergies fossiles, l'investisseur d'aujourd'hui sera bénéficiaire. Le frein au développement ne vient donc pas des producteurs, déjà bien engagés dans la démarche, mais plus, comme pour la filière bois, de la demande. Par contre, pour les cultures destinées à produire des biocarburants de deuxième génération ou à des fins de méthanisation les débouchés restent encore méconnus, hormis la combustion en production (cas pour la paille). Sur le million de tonnes de paille produit par an en Île-de-France, environ 130 000 tonnes pourraient être mobilisées à des fins énergétiques sans porter préjudice aux autres usages<sup>(3)</sup>.

La filière des agro-matériaux est encore au stade de études et des expérimentations. C'est un des chantiers du pôle de compétitivité industrie agro-ressources de Champagne-Ardenne Picardie. En Île-de-France, un travail est réalisé avec les collectivités locales pour le développement de l'éco-habitat et de filières d'agro-matériaux.

L'utilisation de la fibre de lin pour l'isolation devrait se développer et des opérateurs industriels s'y intéressent actuellement. Mais ce sont des sujets à enjeux économiques importants, et l'avancée des recherches reste plutôt confidentielle. D'autres matériaux devront être proposés sur le marché

(2) Les oxydes d'azote (Nox) sont composés de monoxyde d'azote (No) et de dioxyde d'azote (No<sub>2</sub>).

(3) D'après une étude récemment menée par des professionnels du monde agricole.



Bruno Civel.

P. Thiot/laurif

“ Sur le million de tonnes de paille produit par an en Île-de-France, environ 130 000 tonnes pourraient être mobilisées à des fins énergétiques sans porter préjudice aux autres usages<sup>(3)</sup>. ”

Yves-Bruno CIVEL,  
Directeur général de Observ'Er



Asinerie en ossature bois et paille, ferme pédagogique « Ferme en bulle », Saint-Fargeau-Ponthierry, Seine-et-Marne.

B. Raoux/laurif





Conférence de sensibilisation au solaire thermique et photovoltaïque, Magny-les-Hameaux, Yvelines.

B. Raoux/laurif



Richard Loyen.

P. Thiot/laurif

« Un grand défi, aujourd'hui, est celui de la formation professionnelle de tous les corps de métier de la chaîne, et plus spécialement des installateurs.

*L'insuffisance des compétences professionnelles est indéniable devant une demande qui ne cesse de croître et risque de devenir massive.*

*Aujourd'hui, toutes les questions techniques sont résolues. Reste à former les professionnels. Cela marche en Europe, alors pourquoi pas en France ? »*

Richard LOYEN, Enerplan

pour le remplacement de la laine de roche ou la laine de verre interdits dans quelques années. Si ces marchés se développent, les agriculteurs n'auront alors aucune réticence à y investir comme ils l'ont fait pour le marché de la bio-énergie. En fait, ce qui semble une révolution de l'agriculture n'implique pas vraiment une révolution du savoir-faire des agriculteurs : leur métier de base est de produire du matériel végétal : blé, colza, ou nouvelles cultures... À partir du moment où ces cultures rentrent dans un assolement, l'agriculteur apprend les techniques d'implantation et ne rencontrera aucune difficulté sur la partie production. C'est au niveau des débouchés que les besoins de structuration des filières sont importants afin que les prescripteurs puissent recommander les solutions à énergies renouvelables.

## L'enjeu de la formation aux nouveaux métiers

Un grand défi, aujourd'hui, est celui de la formation professionnelle de tous les corps de métier de la chaîne, et plus spécialement des installateurs. L'insuffisance des compétences professionnelles est indéniable devant une demande qui ne cesse de croître et risque de devenir massive. Aujourd'hui, toutes les questions techniques sont résolues. Reste à former les professionnels. Cela marche en Europe, alors pourquoi pas en France ?

Les professionnels installateurs ont désormais pris la mesure de cet enjeu. Ainsi, l'association Enerplan, unique en Europe, a été créée il y a dix-huit mois par des organisations professionnelles, industrielles ou appartenant aux fédérations d'installateurs. Enerplan qui regroupe environ 10 000 professionnels volontaires, mène plusieurs actions. En formation, Enerplan

a pour mission d'aider à gérer les problèmes de qualité. Elle propose un cadre de formation structurant en mettant au point des référentiels de formation par profession. Une procédure d'audit permet ensuite d'en contrôler les effets. L'idée est de fiabiliser les parcours de formation avec une vraie charte d'engagement. Plusieurs actions ont déjà été mises en place, destinées aux centres de formation qui de leurs côtés, doivent investir notamment dans des plates-formes pédagogiques pour offrir des formations continues sur les nouvelles technologies. On peut citer :

- *Qualisol*, pour les installations solaires, qui se décline sur plusieurs filières. La formation sur chauffe-eau solaire va passer de deux à trois jours, dont une journée consacrée aux travaux pratiques. Depuis janvier 2008, les centres de formation proposent ces nouvelles formations permettant de manipuler les installations. Enerplan finalise également un référentiel de formation sur le système solaire combiné avec une formation de trois jours ;
- *Qualibois* s'adresse plus particulièrement aux particuliers et permet de vérifier la qualité des installations des chaufferies bois, manuelles ou automatiques, de moins de 70 kw. Les référentiels de formation sont prêts et des formations pour les formateurs vont être bientôt proposées ;
- *QualiPV*, présenté au conseil d'administration de juillet 2007, concerne la formation pour le photovoltaïque raccordé au réseau. Cette offre sera fort utile dans un domaine où il n'en existait aucune et dont la technique va vite évoluer avec des nouveaux tarifs d'achat. Le photovoltaïque exige une réelle convergence des métiers du bâtiment puisque les capteurs sont intégrés au bâti.

Tous ces sigles correspondent à des « appellations » de qualité, qui ne sont pas des certifications<sup>(4)</sup>.

À côté des métiers spécifiques, il y a ce qu'on appelle les assembleurs qui représentent à peine 40 % des installateurs. Ils se positionnent de plus en plus sur le créneau des énergies renouvelables et vont devenir multi-filières, dans le thermique, le photovoltaïque, le bois, les pompes à chaleur. Il faut donc que cette compétence «EnR» entre dans l'ensemble de la chaîne des métiers car, demain, avec les nouvelles réglementations thermiques, un plombier devra savoir installer des chauffe-eaux solaires. C'est là que se pose la problématique : pour répondre demain à une demande toujours croissante et aujourd'hui insatisfaite, les professionnels devront faire une véritable conversion culturelle.

Le bilan actuel des formations Enerplan est encourageant : au niveau national, plus du tiers des installateurs chauffagistes possèdent l'appellation *Qualisol*, et la moitié sont formés au solaire. Mais il faut reconnaître que beaucoup appréhendent ces changements. L'Île-de-France par exemple, est loin d'avoir un tiers d'installateurs formés. En Seine-et-Marne, il existe un centre de formation – le Costic – qui propose également des formations pour les formateurs, avec une stratégie basée sur cinq ans. Les professionnels sont demandeurs et ce besoin va progressivement bousculer l'éducation nationale dans la formation initiale. Pour la formation Enerplan, toutes les régions françaises vont avoir un comité de concertation qui devrait bientôt se réunir et tous les sujets seront abordés : formation, audit et communication. L'implication des différentes filières de formation sera alors étudié. Puisque, la Région Île-de-France soutient désormais l'installation de chauffe-eaux solaires, notamment chez les particuliers, la filière va pouvoir connaître l'émulation nécessaire à son développement.

Pour aider à la mutation en cours des professionnels, les communes peuvent relayer la politique régionale, nationale, ou européenne en fixant un objectif de moyen terme pour leur territoire à partir des réglementations. Depuis mai 2007, elles disposent de nouveaux labels – haute et très haute performance énergétique (HPE, THPE), basse consommation... – qu'elles peuvent introduire dans les plans locaux d'urbanisme, dans les règlements de ZAC. Par ce biais, elles joueront un rôle d'accélérateur pour structurer les filières locales. En imposant dès aujourd'hui aux constructions une haute performance énergétique énergies renouvelables, elles pousseront le secteur du bâtiment à s'adapter et à se former pour rester dans le marché car avec l'évolution de la réglementation thermique, et les exigences pour 2010, la référence passe par des solutions énergie renouvelable. Pour aider les collectivités locales à mettre en œuvre ces objectifs, Enerplan a développé un nouvel outil, une boîte à idées identifiant ce qui peut être fait, et comment le réaliser en mobilisant l'ensemble des acteurs de la filière. Il s'agit d'une reprise de l'expérience actuellement menée à Barcelone. Avant d'imposer par ordonnance l'eau chaude solaire, les autorités publiques ont laissé deux ans aux professionnels pour s'adapter, si bien qu'aujourd'hui, la ville peut même aller au-delà en imposant l'électricité solaire dans les constructions neuves. Il s'agit en France d'adopter le même processus. Toutes les collectivités franciliennes devraient montrer l'exemple en étant au moins au niveau 1 (HPE), ce qui est loin d'être le cas dans les 36 000 communes. Elles devraient analyser leur patrimoine pour voir ce qu'elles peuvent faire directement dans



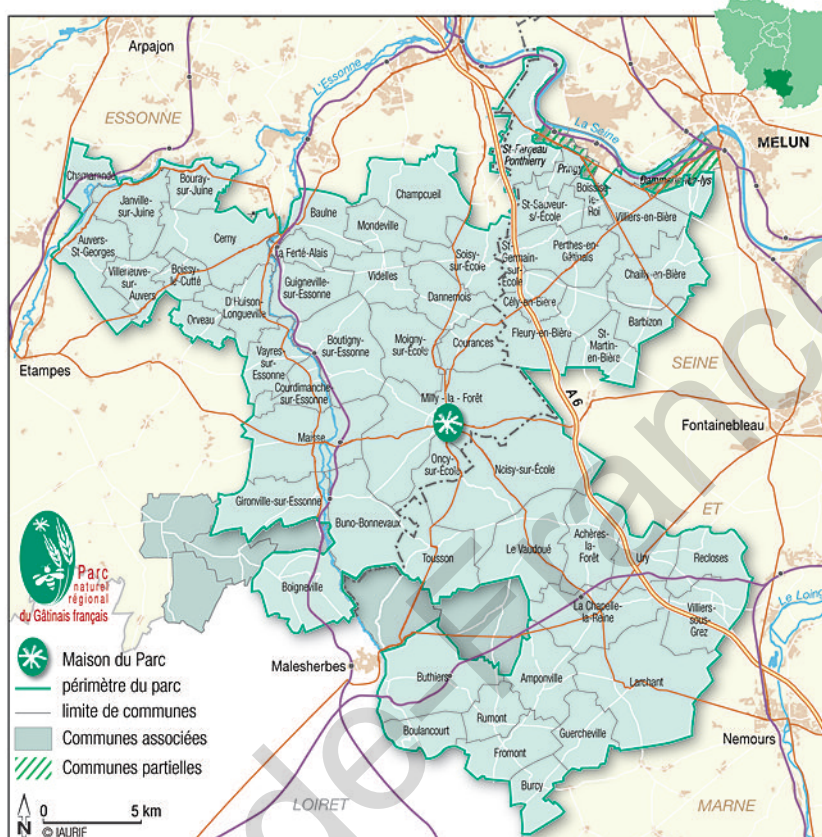
*Camion de démonstration de panneaux solaires et Pac Viessmann, Saint-Rémy-les-Chevreuse, Yvelines.*

B. Raoux/laurif

(4) Certification : assurance, donnée par écrit, de la régularité d'une pièce, d'un acte, d'une saisie, de l'authenticité d'une signature.

## Le parc du Gâtinais

- 73 105 hectares
- 64 communes dont un tiers de moins de 500 habitants
- 70 000 habitants.
- 82 % d'habitat individuel
- 58 % du parc immobilier date d'avant 1974
- 15 000 emplois
- 31 000 résidents actifs



## Le PNR du Vexin français

94 communes, 86 000 habitants, 40 000 actifs et 20 000 emplois.

Actions expérimentales devant servir de référence :

- un appel d'offres à projets de logements locatifs à loyer maîtrisé HQE et HPE ;
- mise en place d'un plan climat territorial, en partenariat avec l'Ademe, intégré dans la charte du Parc ;
- subventions accordées à des panneaux solaires pour des particuliers, et pour quatre chauffe eaux solaires sur un gîte d'une cinquantaine de lits à Auvers-sur-Oise. Ce type d'aide est maintenant apporté par le conseil régional ;
- financement d'une chaudière à blé, rebuts de bois et granulés afin de lancer des dynamiques et de créer des références en intégrant une logique de transfert ;
- aide technique et financière d'une entreprise de menuiserie pour l'acquisition d'une presse et d'une chaudière à briquettes pour les déchets bois. Cette même entreprise a un projet de création de quatre logements locatifs sociaux avec chaudière bois, ce qui permettrait d'offrir un débouché aux déchets bois ;
- réalisation d'une étude de méthanisation chez un éleveur, avec le soutien de l'Ademe. Elle a permis de constater que, pour l'instant, dans notre région cette technique est très difficile, peu performante et que le seuil de rentabilité n'est pas atteint même aux prix 2006 ;
- réalisation d'une étude de valorisation des déchets organiques, permettant de confirmer le gisement, mais également de cibler les difficultés et les pistes d'actions à mener ;
- mise en évidence du gros potentiel de la filière bois de chêne et autres bois forestiers ;
- projet à but démonstratif et pédagogique avec la création d'une mini centrale hydraulique qui alimentera en électricité et chauffage la Maison de la meunerie à Valmondois ;
- projet de création d'une centrale photovoltaïque sur dix hectares, qui produirait quatre mégawatts sur la commune d'Ennery, revendus à EDF ;
- co-organisation de trois formations *Qualisol* par an permettant de faire appréhender par les artisans la valeur patrimoniale, paysagère et environnementale.



les cinq années à venir. Beaucoup est à faire en terme d'efficacité énergétique et d'utilisation des techniques solaires dans les bâtiments communaux. Au-delà il faut systématiser la communication car toutes les collectivités locales peuvent être des vecteurs de communication incitatifs. Les prochaines élections locales ont lieu en 2008, et le problème des énergies renouvelables sera un enjeu fort au regard des 90 % de la population favorables à leur développement. Le changement climatique est une réalité et les citoyens sont convaincus qu'il faut s'impliquer. Les collectivités doivent donc se préparer, et les professionnels se former et acquérir des compétences.

## Les difficultés des collectivités locales franciliennes pour développer les énergies renouvelables

En réponse à cet appel à l'action, l'exemple des démarches menées dans deux parcs naturels régionaux et dans la commune de Bois-le-Roi, co-gestionnaire d'une base de loisirs régionale a mis en évidence les freins actuels à la généralisation des EnR.

### Le Parc naturel régional du Gâtinais Français

Territoire pilote, il a été le premier à réaliser un diagnostic énergétique territorial à l'incitation de l'Ademe (contrat Athenee) et en utilisant sa méthode de diagnostic.

Ce diagnostic a porté sur les déplacements et le parc immobilier : les migrations domicile travail avec d'importants flux pendulaires (deux fois plus d'actifs que d'emplois localement), peu de transports en commun, et une forte dépendance à la voiture induisent des consommations énergétiques importantes. Les chiffres tirés des conseils d'orientation énergétique (COE) per-

mettent d'avoir une vision précise sur l'état du bâti communal : parc existant et mode de chauffage. Ainsi, 50 % des toitures et 50 % des murs des bâtiments communaux du PNR ne s'avèrent pas isolés ; 45 % des parois vitrées sont en simple vitrage. Dans ce territoire rural, le potentiel d'économie d'énergie est donc énorme.

### Des actions pilote dans le Parc naturel régional du Vexin

Le parc naturel du Vexin, au Nord-Ouest de l'Île-de-France, à cheval sur le Val-d'Oise et les Yvelines possède certainement un des plus importants potentiels énergétiques en biocarburants et en biomasse de la région. Il a lancé plusieurs actions tests sur son territoire (cf. encadré).

Pour qu'une véritable offre énergétique puisse s'adresser aux particuliers, il faudra qu'un système transparent d'un point de vue technique et financier soit mis en place, impliquant un travail pédagogique important. Un exemple : le gisement de bois existe dans le Vexin et pourtant les plaquettes utilisées viennent de Lituanie parce qu'elles sont moins chères. Il faut donc aider à une structuration de la filière plaquettes ou granulés plus compétitive. La possibilité de s'engager dans les EnR a donc été examinée du côté des utilisateurs, et du côté des producteurs potentiels, permettant d'identifier les freins :

Du côté des utilisateurs possibles (habitants), les règles ou pratiques de l'urbanisme sont peu incitatives : les plans locaux d'urbanisme sont plutôt conservateurs, si bien qu'il est souvent très difficile, voire impossible de faire du HQE, du bio-climatique ou du THPE. De plus, comme le parc est un site inscrit et classé, les architectes des bâtiments de France ou des associations patrimoniales veulent bien accepter des panneaux solaires ou de l'éolien mais à condition qu'ils soient enfouis, ce qui



Geoffrey Berlemont.

P. Thiot/laurif

« Dans le Parc du Gâtinais et le territoire rural, le potentiel d'économie d'énergie est donc énorme. »

Geoffrey BERLEMONT,  
PNR du Gâtinais français



Thierry Cot.

P. Thiot/laurif

“ Pour la production de biocarburants, le problème majeur est l'impact potentiel sur les paysages et sur le patrimoine naturel. En effet, les terrains les moins intéressants du point de vue agronome peuvent contribuer à la production de biocarburants, mais ces terrains constituent les paysages du territoire et sont des milieux naturels forts intéressants. ”

Thierry COT, PNR du Vexin français



Nicole Delporte.

P. Thiot/laurif

“ La ville de Bois-le-Roi a songé à acquérir des véhicules fonctionnant au biocarburant. Mais le coût est prohibitif puisque pour le prix d'une voiture biocarburant, la commune a pu acheter deux véhicules bas de gamme. ”

Nicole DELPORTE, Maire de Bois-le-Roi, Présidente de la base de loisirs

pose quelques problèmes techniques ! Du côté de la production potentielle, il faudra une structuration des propriétaires forestiers privés dont le patrimoine est très morcelé et mal géré : la biodiversité s'en trouve appauvrie et la contribution au développement économique amoindrie. Le parc a mis au point des aides financières pour le remembrement forestier, mais sans beaucoup de résultats<sup>(5)</sup>. Au-delà, il faudrait aider ces propriétaires à structurer une unité d'exploitation pour la rendre rentable en s'impliquant dans les filières énergie comme producteurs et transformateurs.

Enfin, pour la production de biocarburants, le problème majeur est l'impact potentiel sur les paysages et sur le patrimoine naturel. En effet, les terrains les moins intéressants du point de vue agronome peuvent contribuer à la production de biocarburants, mais ces terrains constituent les paysages du territoire et sont des milieux naturels forts intéressants.

### Les difficultés rencontrées par une petite commune francilienne : l'exemple de Bois-le-Roi

La commune de Bois-le-Roi est représentative des difficultés financières et techniques de nombreuses communes devant l'enjeu des énergies renouvelables. Sont pointés des domaines où un maire a pu agir, et d'autres, où les contraintes financières ou techniques ont empêché de prendre la solution souhaitable.

**Une action positive : inciter les habitants à isoler leurs habitations**  
Beaucoup de bâtiments ne sont pas isolés, sans double vitrage avec un vieux bâti et un habitat dispersé. Aussi le rôle des élus a été d'engager les gens à faire un premier pas avec l'isolation, même si à première vue, cela ne semble pas très valorisant. C'est une pre-

### Bois-le-Roi : 5 000 habitants

Située entre la Seine et la forêt de Fontainebleau.

Personnel communal : un directeur général des services, un directeur des services techniques, pas d'agent éco-énergie  
Base de loisirs régionale gérée par un syndicat mixte (une personne).

mière réponse puisque 90 % des enquêtés sont convaincus qu'il faut agir.

### Pour le patrimoine communal, la solution à court terme l'emporte

Les contraintes financières à court terme ont entraîné des choix d'investissements communaux non « durables ». Par exemple, le choix du chauffage électrique au détriment du chauffage électrique solaire, dont le coût immédiat est trop élevé, pour la restauration d'une quinzaine de préfabriqués de plus de trente ans.

La ville de Bois-le-Roi a songé à acquérir des véhicules fonctionnant au biocarburant. Mais là encore, le coût est prohibitif puisque pour le prix d'une voiture biocarburant, la commune a pu acheter deux véhicules bas de gamme. De plus, pour faire le plein de ces véhicules, il faut parcourir minimum 20 kilomètres. Alors où est la rentabilité ?

**La base de loisirs**, qui s'étend sur 74 ha a un projet de rénovation de l'hébergement et de divers équipements, avec une problématique énergétique forte, mais l'insuffisance de moyens humains rend le parcours impraticable. La base, investissement régional, est gérée par un syndicat mixte qui regroupe neuf élus communaux, départementaux et régionaux et un seul agent administratif. Pour choisir la solution d'EnR, il faut lancer une étude éco-gestion de toute l'énergie, subventionnable par la Région. Mais il faut, au préalable

que la commune ait déjà une idée du coût et qu'elle ait rédigé un cahier programme. Comment faire face à ces nouvelles exigences, qui s'ajoutent à la complexité des marchés publics. Comment simplifier les démarches ? Le dédale de démarches devant lesquelles sont les élus est complexe et une aide est absolument nécessaire pour que les choses évoluent. Enfin, une dernière difficulté est le retard de formation ou l'insuffisance numérique des professions intermédiaires : diagnostiqueurs, architectes, maîtres d'œuvre. Un exemple : il est très difficile d'obtenir des architectes des chiffres clé comme les consommations d'un bâtiment avec telle ou telle énergie renouvelable, ou encore de savoir en combien d'années sont rentabilisés les investissements prévus. Et la commune n'a pas les moyens de s'offrir un service éco-énergie ou énergies renouvelables.

## Les facilitateurs : ingénierie, regroupement, sensibilisation

Les parcs régionaux ont des équipes à la disposition des collectivités, ce qui permet d'avoir un peu plus d'ingénierie. Mais, dans la plupart des communes, motivées, l'absence de moyens humains ou d'ingénierie d'appui est un frein majeur pour traiter des systèmes qui paraissent complexes.

## Le regroupement est indispensable pour les communes

Pour mener ce genre de réflexions, il est fondamental que les élus municipaux puissent avoir une expertise, du conseil. Un emploi énergie est rentable par tranche de 10 000 habitants. Il faut donc que les collectivités se regroupent. À partir de 40 000 ou 50 000 habitants, on peut créer une agence locale de l'énergie<sup>(5)</sup>. Aujourd'hui, en Île-de-France, il existe seulement deux agences locales de l'énergie et un projet de création.



Michel Vampouille.

P. Thiot/Laurif

« Il est fondamental que les élus municipaux puissent avoir une expertise, du conseil. Un emploi énergie est rentable par tranche de 10 000 habitants. Il faut donc que les collectivités se regroupent. À partir de 40 000 ou 50 000 habitants, on peut créer une agence locale de l'énergie<sup>(6)</sup>. »

Michel VAMPOUILLE, Vice-président chargé de l'environnement, du développement durable et de l'éco-région

(5) En contribuant à payer l'acte notarié pour les toutes petites surfaces où l'acte s'avère souvent plus cher que le foncier.

(6) Aujourd'hui, en Île-de-France, il existe seulement deux agences locales de l'énergie et un projet de création.

## Références bibliographiques

- Ademe Île-de-France (2007), *Collectivités locales, énergies renouvelables : quelle énergie pour son territoire ?*
- Ademe, Simonnot Guy (2005), *L'énergie du sous-sol, la géothermie en Île-de-France*, Bulletin n° 7
- Antony Falk, Christian Dürschner, Karl-Heinz Remmers (2006), *Le photovoltaïque pour tous : conception et réalisation d'installations*, Observ'ER, Solarpraxis et Le Moniteur
- Arene (2006), *L'éolien dans l'urbain, état de l'art*
- Arene (2004), Observ'ER, *L'offre d'électricité verte pour les collectivités et les entreprises d'Île-de-France*
- Arene, Ademe (2004), *Le bois de feu en Île-de-France, un bel avenir*
- Arene (2002), *L'éolien, un gisement d'énergie renouvelable exploitable en Île-de-France*
- Conseil général des Mines, conseil général du génie rural des eaux et forêts, Inspection générale des Finances (2005), *L'optimisation du dispositif de soutien à la filière biocarburants*
- Ministère de l'Écologie et du Développement Durable et Ministère délégué à l'Industrie (2006), *Dispositions relatives à la création des zones de développement de l'éolien terrestre*
- Roy Claude, Groupe facteur 4 (2005), *Biomasse, nature, agriculture, sylviculture et climat*
- Sénat, Belot Claude, Juillard Jean-Marc (2006), *Énergies renouvelables et développement local : l'intelligence territoriale en action*, Rapport du Sénat n° 436
- Trivalor, Ademe Île-de-France (2006), *Application de la méthodologie d'analyse du potentiel énergies renouvelables sur le Parc Naturel Régional du Gâtinais français (Troisième phase)*



© IAU Île-de-France

© IAU Île-de-France





# Opinions et comportements, les moteurs du changement

Depuis le début des années 2000, le nombre de reportages consacrés aux catastrophes naturelles, à la disparition d'espèces végétales ou animales, aux problèmes de santé publique ou autres anomalies imputables au réchauffement climatique n'a cessé de croître. Dans le même temps, la rubrique économique de nos quotidiens a relaté de façon répétée les conséquences d'un renchérissement du prix de l'énergie et la probable pénurie qui nous guette à brève échéance.

Pas étonnant dans un tel contexte qu'aujourd'hui, 80 % de nos concitoyens se disent préoccupés par le réchauffement climatique et ses conséquences ou déclarent vouloir agir pour éviter une dégradation perçue comme inéluctable.

Pour autant, on ne peut pas dire qu'au-delà des mots, cette prise de conscience se soit traduite par d'importants changements d'attitude, par une transformation profonde des produits que nous utilisons ou par un bouleversement de nos modes de vie au quotidien !

C'est autour de cette question de l'adaptation des comportements, de l'acceptation ou de la résistance au changement que s'articulera la réflexion.



A. Lacourche / Aurif

# Les médias et l'information sur le changement climatique et la contrainte énergétique

Mathieu Jahnich<sup>(1)</sup>  
Medad

## *The media on climate change and energy constraints and related information*

*The number of reported natural disasters, the extinction of flora and fauna species, the problems of public health or other anomalies attributable to climate change have been on the increase since the start of the new millennium. Many French and European studies can confirm this fact. As a result, the way the media presents and addresses climate change and energy constraint over time is key. What have been the effects so far of this development on the media? What is the role of the media in relation to this new climate-related challenge?*

**L**e nombre de reportages consacrés aux catastrophes naturelles, à la disparition d'espèces végétales et animales, aux problèmes de santé publique ou d'autres anomalies imputables au réchauffement climatique n'a cessé de croître depuis le début du nouveau millénaire. De nombreuses études françaises et européennes le confirment. De fait, la question fondamentale porte désormais sur la manière dont les médias abordent le changement climatique et la contrainte énergétique au fil du temps. Comment s'est traduite cette évolution médiatique ? Quel rôle jouent les médias face au nouveau défi climatique ?

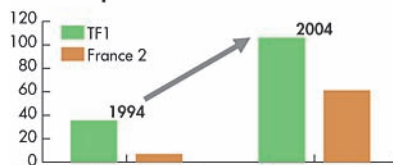
(1) Chargé de communication scientifique au ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables (Medad).

## La nouvelle médiatisation de la problématique environnementale

De nombreuses études contemporaines cherchent à analyser l'impact du changement climatique sur les médias. De récents travaux de recherche<sup>(2)</sup>, financés par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) et l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) montrent que les nouvelles relatives à l'environnement occupent une place bien plus importante dans les journaux télévisés qu'il y a dix ans. Ainsi, le nombre de reportages sur ce thème a plus que doublé sur la chaîne télévisée TF1 entre 1994 et 2004 (passant de 46 à 108 nouvelles par mois) et sur France 2 (de 21 à 69 nouvelles).

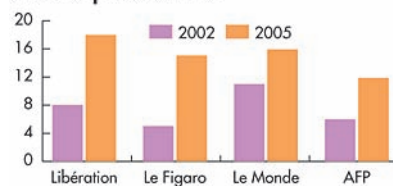
Par ailleurs, la thématique de l'environnement semble avoir acquis une plus grande légitimité au sein des journaux télévisés. Le sujet est désormais abordé et traité très explicitement, ce qui était rarement le cas en 1994. Il est courant que le présentateur télévisé introduise la problématique ainsi : «On reste dans l'environnement avec les conclusions de cet expert mandaté par l'association Greenpeace<sup>(3)</sup>...» ou encore «Au chapitre environnement, un collectif d'associations écologistes vient d'obtenir gain de cause contre les propriétaires d'un golf dans le Var<sup>(4)</sup>». Le thème de l'environnement est donc reconnu comme une rubrique à part entière du journal télévisé quotidien,

### La thématique environnementale dans les journaux télévisés



Source : Enquête «l'environnement dans les journaux télévisés», pilotée par Suzanne de Cheveigné, financée par l'Ademe et l'Afsset.

### Les articles consacrés au climat dans la presse écrite



Source : Enquête «la place de l'environnement dans les médias» réalisée par l'association des Journalistes-écrivains pour la Nature et l'Environnement.

au même titre que la politique, l'économie ou le sport.

Le changement climatique et la contrainte énergétique s'inscrivent dans ce contexte de forte progression médiatique des thématiques environnementales. Ainsi, une étude réalisée par l'association des Journalistes-écrivains pour la nature et l'environnement (JNE) sur la place de l'environnement dans la presse écrite<sup>(5)</sup> montre qu'entre 2002 et 2005, le nombre d'articles sur le climat a nettement augmenté dans les quotidiens Libération, Le Figaro et Le Monde. Le nombre de dépêches de l'Agence France-Presse (AFP) sur le climat et son impact a également augmenté.

L'association JNE a, par ailleurs, mené une enquête auprès de ses membres, soit près de 300 journalistes spécialistes de l'environnement, sur le classement des sujets «faciles à caser» dans

les médias. Selon ces journalistes, depuis dix ans, ces sujets portent sur la nature et la vie sauvage, la pollution de l'eau, de l'air. Depuis 2005, phénomène récent, l'intérêt des lecteurs s'oriente également vers le climat et les énergies nouvelles, thématiques qu'il devient même plus facile à traiter que la pollution de l'eau. L'étude montre également que ce sont justement ces deux derniers thèmes qui ont connu la plus forte progression ces dernières années, ce qui reflète bien l'évolution de la société française et des médias sur le changement climatique et les problématiques énergétiques.

## La multiplication des campagnes de communication

L'évolution des «mentalités» et des médias est confirmée par la multiplication du nombre de campagnes de communication et de sensibilisation sur la thématique environnementale, et plus spécifiquement sur les économies d'énergie. Elles ont, notamment, été lancées par les grands acteurs institutionnels tels le ministère de l'Écologie ou l'Ademe, mais également par les associations de protection de la nature (WWF<sup>(6)</sup>, Fondation Nicolas Hulot...).

(2) Suzanne de Cheveigné, *et al.* (2006), *l'environnement dans les journaux télévisés : construction et réception*, rapport Ademe-Afsset.

(3) Annoncé sur France 2 le 3 mars 2004.

(4) Annoncé sur TF1 le 20 mars 2004.

(5) Journalistes-écrivains pour la nature et l'écologie, *la place de l'environnement dans les médias*, 2005.

(6) Le WWF initialement *World Wildlife Fund* (littéralement, *Fonds mondial pour la vie sauvage*), rebaptisé ensuite *World Wide Fund for Nature* (littéralement, *Fonds mondial pour la Nature*) est une organisation non gouvernementale internationale de protection de la nature et de l'environnement, fortement impliquée dans le développement durable. Ses activités principales reposent sur la surveillance de l'application de la réglementation internationale, la restauration d'espaces naturels dégradés et la formation.

### La répartition des sujets «faciles à caser» dans les médias

1997	2002	2005
Nature et vie sauvage	Nature et vie sauvage	Nature et vie sauvage
Pollution de l'eau	Pollution de l'eau	Pollution de l'air
Pollution de l'air	Espèces protégées	<b>Climat</b>
Espèces protégées	Pollution de l'air	<b>Énergies nouvelles</b>
/	Transports	Transports
Transport	<b>Climat</b>	Chasse
/	Chasse	Pollution de l'eau
/	/	Espèces protégées

Source : Enquête «la place de l'environnement dans les médias» réalisée par l'association des Journalistes-écrivains pour la Nature et l'Environnement.





Campagne du ministère de l'Écologie sur le tri des déchets, 2006.

Jacques Le Goff/Ademe

## L'impact de la campagne Ademe «Économies d'énergie, faisons-vite ça chauffe !»

Parmi les gestes qui ont été déclaré modifiés après les passages des spots TV en 2005 :

- la plupart concernent l'éclairage
  - extinction de la lumière quand on sort d'une pièce ... 45 %
  - ne plus laisser les appareils électriques en veille ... 35 %
  - utilisation d'ampoules à économie d'énergie ... 14 %
  - moins utiliser la lumière ... 12 %
- l'eau
  - économies d'eau ... 25 %
  - douche au lieu de bain ... 10 %
- le chauffage
  - économies : utiliser le thermostat, baisser quand il fait moins froid, et toute une série de réflexes tels que le réglage de la température à 19°, pas de chauffage dans les pièces inoccupées, fermer les radiateurs quand on aère, etc. ... 15 %

Source : Ademe, décembre 2005, à partir du bilan de la campagne réalisé par Ipsos

## La mobilisation des acteurs institutionnels

Sur le thème de l'énergie, citons la campagne de l'Ademe «Économies d'énergie, faisons-vite ça chauffe !», une campagne de sensibilisation grand public (spots télévisés, radio, presse écrite, internet) planifiée sur trois ans et lancée en mai 2004. Trois objectifs fondamentaux étaient visés :

- alerter les Français sur les dérèglements climatiques ;
- inciter à agir pour une cause d'intérêt général ;
- montrer des gestes simples et de bon sens en les décrivant (adapter la température des différentes pièces de la maison, éteindre la lumière en sortant d'une pièce, ne pas laisser les appareils électroménagers en veille, etc.).

Un premier bilan, dressé en 2004, révélait que 86 % des personnes se souvenant de la campagne télévisée se déclaraient concernées et accordaient une plus grande attention aux économies d'énergie dans leur vie de tous les jours. Depuis 2004, également sous l'égide de l'Ademe, les associations,

entreprises, collectivités ou espaces Info-Énergie les plus impliqués sont récompensés pour la pertinence de leurs actions de mobilisation en faveur des économies d'énergie et de la réduction des déchets dans le cadre du club planète gagnante sur la base de cinq critères-clefs : l'originalité, la reproductibilité, l'impact (nombre de personnes touchées), la durée et la consistance de l'action (capacité à intégrer des actions de fond sur la maîtrise de l'énergie et la réduction des déchets)<sup>(7)</sup>.

## Une opportunité médiatique des acteurs majeurs de l'énergie

Parallèlement, certains grands groupes, acteurs majeurs de l'énergie utilisent largement les médias pour présenter et valoriser leurs activités, améliorer leur image de marque à travers leurs préoccupations pour préserver l'environnement et favoriser le développement durable. Ainsi, Total, Areva ou EDF dépensent beaucoup d'argent chaque année en campagnes de communication symboliquement très fortes.

Plus récemment, depuis l'ouverture du marché de l'électricité aux particuliers le 1<sup>er</sup> juillet 2007, et notamment



Campagne de communication Areva.

Euro RSCG C&O – Illustration : HS



*Campagne de communication EDF-GDF, Paris plage.*

A. Lacouchie/laurif

depuis la rentrée scolaire, le fournisseur alternatif Direct Énergie tente de «séduire» les abonnés d'EDF-GDF grâce à des slogans d'économie d'énergie. Au-delà du prix et de la qualité de service, Direct Énergie met en avant de nombreux arguments écologiques comme la compensation des émissions de CO<sub>2</sub>, la plantation d'un arbre pour chaque nouveau contrat, l'utilisation d'énergies renouvelables... Deux oiseaux (le premier jeune et plein d'élan, le second un peu bougon et réfractaire), que l'on retrouve dans tous les médias, dans la presse, à la télévision, dans les couloirs du métro, sont utilisés pour transmettre le message de la campagne intitulée «Vous y gagnez, la planète aussi».

Face à cette concurrence, EDF a aussitôt réagi par le lancement de sa marque «Bleu ciel» «pour que chacun ait un coin de ciel bleu» destinée aux clients particuliers. Là encore, difficile de passer à côté de cette campagne. Le fournisseur d'électricité historique promet notamment de concilier bien-être, respect des habitudes de consommation, économies et respect de l'environnement, sans toutefois apporter plus de précisions sur ce dernier point.

## L'implication médiatique : entre alarmisme et responsabilisation du public

### Le constat en Grande-Bretagne

En ce qui concerne plus généralement le réchauffement climatique, une étude a été conduite en Grande-Bretagne<sup>(8)</sup> sur la manière dont les différents acteurs communiquent sur cette thématique. Des articles de presse, des spots publicitaires télévisés et radio-diffusés ainsi que plusieurs sites Internet ont été analysés pendant l'hiver 2005-2006. Le résultat principal de cette recherche identifie deux registres majeurs de discours :

- le registre alarmiste : le réchauffement climatique est décrit comme un phénomène terrible, immense et sans maîtrise. Il véhicule un message implicite de désespoir qui donne l'impression que le problème est trop important pour que l'on puisse agir ;
- le registre de la responsabilisation par les petits gestes. Très présent lui aussi, notamment dans les campagnes de communication et la presse générale, il suggère à un grand nombre de personnes (grand public) d'agir par des actions simples, faciles, ancrées dans le quotidien, pour lutter contre le changement climatique. Le risque de ce type d'approche est de tomber dans le superficiel, le casanier, l'ennuyeux... et le sentiment de culpabilité.

Les chercheurs soulignent que les petits gestes sont souvent accolés aux termes alarmistes, que l'on retrouve dans des titres tels que «20 gestes pour sauver la planète de la destruction», ce qui peut avoir un effet paradoxal. En effet, ce contraste pourrait être utilisé par certains pour relativiser et rejeter l'alarmisme et, par voie de conséquence, le changement climatique. Juxtaposer l'ordinaire et l'apocalyptique nourrit probablement le doute du public et engendre une question évidente, rare-



*Prix hors catégorie Trophées planète gagnante, 2006. Musée du quai Branly pour l'exemplarité de sa construction, qui procède d'un projet architectural inspiré des normes Haute qualité environnementale.*

F. Dugeny/laurif

ment traitée : comment de si petites actions individuelles peuvent-elles vraiment influencer sur un phénomène se produisant à une échelle si gigantesque ?

### Les «petits gestes» à la française

En France, des recherches ont été lancées sur la même thématique, dont les résultats ne sont pas encore disponibles. On peut néanmoins constater que le registre des petits gestes a aussi beaucoup de succès sur le territoire français, comme en témoigne le slogan de la dernière campagne du ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables «Il n'y a pas

(7) En 2007, les prix ont été attribués par un jury de personnalités composé d'Evelyne Dhéliat (présidente du jury, chef du service météo de TF1), Nathalie Fontrel (journaliste environnement, Radio France), Nicolas Vanier (explorateur), Michèle Pappalardo, (présidente de l'Ademe), Carole Le Gall et Daniel Béguin (respectivement directrice énergie, Air, Bruit et directeur Déchets et Sols à l'Ademe).

(8) Institute for Public Policy Research (2006), *Warm Words. How are we telling the climate story and can we tell it better?*

de petits gestes quand on est soixante millions à les faire». On retrouve également la juxtaposition des actes anodins et des phénomènes globaux dans de multiples productions comme, par exemple, la campagne 2006 de la Fondation Nicolas Hulot pour le *Défi pour la Terre* : «Faire tourner une machine à moitié vide détruit la planète» ou encore «prendre un bain au lieu d'une douche détruit la planète». Une explication claire au public sur la portée des gestes individuels et locaux au regard des phénomènes complexes et planétaires est nécessaire.

A *contrario*, un autre type de campagne décrit les gestes considérés comme «bons pour la planète». Ainsi, par exemple, à la fin du bulletin météo de TFI<sup>(9)</sup>, Évelyne Dhéliat recommande des gestes simples :

- «par ce froid, la bonne chose à faire pour le chauffage, c'est d'avoir des thermostats d'ambiance, ça permet de réguler la température, et de faire jusqu'à 25 % d'économies d'énergie, et c'est bon pour la planète» (27 janvier 2005) ;
- «le bon geste à faire, c'est tout simplement de mettre un couvercle sur votre casserole, lorsque vous faites cuire des aliments ou que vous faites chauffer de l'eau. Vous économisez jusqu'à 40 % d'énergie, et c'est bon pour la planète !» (10 février 2005) ;
- «le bon geste à faire, c'est de ne pas laisser vos appareils électriques allumés en veille, vous les éteignez totalement, vous ferez jusqu'à 10 % d'économies d'énergie et c'est bon pour la planète !» (15 février 2005).

Ce genre de séquences va très certainement se multiplier à l'avenir sur toutes les chaînes télévisées et tous les médias, suite à la charte d'engagement en matière de développement durable signée le 26 septembre 2007 par les dirigeants d'une cinquantaine de grands groupes médias français, à l'ini-

tiative du ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables. Les participants se sont notamment accordés sur les trois principes suivants :

- mettre en place une information quotidienne sur les «gestes d'engagement de la vie de tous les jours» au service de la planète. Il s'agit de valoriser tous les gestes du quotidien qui permettent de protéger l'environnement à l'occasion de programmes de grande écoute comme la météo pour les chaînes de télévision ou les radios ou sur des bandeaux visibles dans la presse ou sur Internet ;
- organiser une grande journée de mobilisation et de solidarité à l'image de Sidaction ou du Téléthon sur le thème «Sauvons la planète» avant la fin de l'année ;
- amplifier les émissions ou les reportages consacrés aux grandes urgences environnementales et développer la diffusion d'initiatives et de conseils pratiques.

Les médias sont réactifs donc mobiles sur le changement climatique. Dès lors, la question de l'évaluation de l'impact de ces messages sur les perceptions et les comportements des Français et des Franciliens se pose.



*Image de campagne du Défi pour la Terre, relativement efficace pour interpeller, ou du moins culpabiliser.*

Fondation Nicolas Hulot

(9) Extraits de l'émission «Arrêt sur images» du 19 novembre 2006 sur le thème «La planète meurt, au secours les médias !» (détail sur <http://www.sircome.fr/?Arret-sur-images-La-planete-meurt,317>).





## L'évolution de l'opinion des Français et des Franciliens (2000-2007)

Daniel Boy  
Cevipof<sup>(1)</sup>

Pour mesurer l'impact des campagnes de sensibilisation consacrées à l'environnement, au changement climatique et à la réduction des gaz à effet de serre sur les chaînes télévisées, à la radio, dans la presse écrite, l'Ademe a réalisé huit enquêtes sur cette thématique depuis l'année 2000.

### *Change in opinion amongst the French population and the population of the Paris Region*

*In view of the increase of media coverage on climate change and greenhouse gas reduction, what are the impacts on the opinions and behaviours of the French population and more specifically on the population of the Paris Region? In an attempt to answer to this question, since 2000, the Ademe has carried out eight opinion polls on this set of issues.*

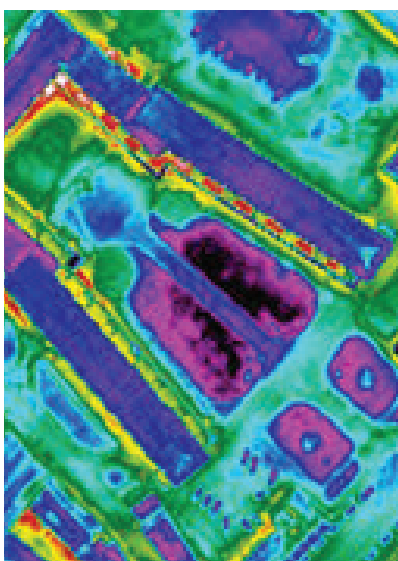
(1) Directeur de recherche (FNSP) au Centre de recherches politiques de sciences po (Cevipof).

## Quels sont les deux problèmes environnementaux qui vous semblent les plus préoccupants ?

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
La pollution de l'air	24	23	24	21	25	21	21	21
L'effet de serre et le réchauffement climatique	6	9	7	11	8	19	21	33
La pollution de l'eau	21	19	21	23	19	23	20	18
Les risques du nucléaire	16	13	13	9	12	10	13	7
Les déchets ménagers	8	9	12	12	12	8	9	8
La dégradation de la faune et de la flore	9	12	9	9	10	11	9	8
Le bruit	5	4	4	4	4	5	5	3
La dégradation des paysages	3	3	3	2	3	2	2	2

Source : Ademe

Jusqu'en 2004, la question était : quelles sont les actions que l'État doit mener en priorité dans le domaine de la protection de l'environnement ?



La thermographie permet d'évaluer l'intensité du réchauffement climatique.

R. Barré/TCCSA

Tout d'abord, les huit enquêtes menées par l'Ademe montrent que les préoccupations des Français en matière environnementale n'ont que très peu varié depuis 2000, contrairement à ce que l'on aurait pu croire.

La première enquête menée sur les problèmes d'environnement a été réalisée par téléphone, auprès de 1 000 personnes, dont environ 180 franciliens. Parmi une liste pré-établie de problématiques environnementales, ces personnes devaient citer quels étaient, pour eux, les deux plus préoccupantes. À partir de 2005, la formulation des questions a été modifiée et les personnes devaient alors classer, selon cette liste, les problèmes les plus préoccupants en matière d'environnement.

La préoccupation eu égard au problème de l'effet de serre et du réchauffement climatique a fortement augmenté depuis 2000 : 6 % des personnes interrogées exprimaient leur préoccupation à ce sujet en 2000 contre 33 % en 2007. La progression est très marquée depuis 2005 et semble directement liée à l'actualité. Un sondage réalisé par l'Inserm<sup>(2)</sup> confirme cette évolution : dès 2005, la perception du problème effet de serre semble être devenue une préoccupation majeure auprès des populations.

Le problème majeur actuel est de savoir exactement le niveau de connaissance des citoyens sur ces problèmes. Aussi la question ouverte de savoir en quoi consistait, pour eux, l'effet de serre a-t-elle été introduite au questionnaire.

Si en 2000, 30 % des personnes interrogées ne pouvaient pas répondre à cette question, en 2007, ce pourcentage est tombé à 13 %. Un événement s'est donc produit.

La préoccupation envers la couche d'ozone est également de plus en plus importante. Cependant, très peu de personnes interrogées peuvent expliquer en quoi consiste le problème. Nombre de réponses convergent dans le même sens : le réchauffement terrestre serait dû au trou de la couche d'ozone qui laisserait passer les rayons du soleil, nous laissant sans protection.

(2) Institut national de la santé et de la recherche médicale.

## En quoi consiste selon vous l'effet de serre ?

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
La pollution, les déchets	11	15	18	24	21	25	24	23
La couche d'ozone	19	15	27	22	24	25	26	24
Des gaz, le CO <sub>2</sub>	12	14	10	13	13	14	12	17
La chaleur, le réchauffement	22	25	21	18	16	13	18	18
Autres réponses	5	3	4	3	5	3	4	3
Le manque d'air	1	1	1	1	1	1	2	2
Sans réponse	30	27	19	19	20	19	14	13

Source : Ademe

## La préoccupation des franciliens en matière environnementale

	Région Île-de-France	Autres régions	Ensemble
Réchauffement climatique	37	32	33
Pollution de l'air	21	20	21
Pollution de l'eau	21	18	18
Déchets ménagers	7	8	8
Dégradation de la faune et de la flore	6	8	8
Risques du nucléaire	3	8	7
Bruit	4	3	3
Dégradation des paysages	1	2	2
	100	100	100

Source : Ademe

Les résultats concernant l'Île-de-France sont établis en fonction des 180 personnes interrogées.

Cette théorie, incroyablement résistante, persiste vraisemblablement parce qu'elle est mécaniquement plus aisée à comprendre.

Concernant l'effet de serre, le raisonnement de dire qu'il provoque de la chaleur est aujourd'hui plus rare, ce qui est rassurant puisqu'il s'agit de la réponse la moins argumentée. Mais l'effet de serre est souvent identifié comme une conséquence directe de la pollution. Beaucoup de personnes illustrent leurs propos en citant les centrales nucléaires comme cause de l'effet de serre. La réponse pollution est assez proche de celle de la réponse chaleur mais elle est très différente de la réponse gaz ou CO<sub>2</sub>. Et aujourd'hui, 17 % des gens n'ont qu'une approximation de la réalité.

Le niveau de connaissances reste assez confus, mais faut-il que les gens aient une conception exacte pour agir ?

En Île-de-France, 4 à 6 % des interviewés ont une meilleure compréhension du phénomène, c'est sans doute que le niveau moyen d'études est beaucoup plus élevé en Île-de-France que dans le reste de la France, la différence

### Parmi les actions suivantes, quelles sont les deux qui vous paraîtraient les plus efficaces pour réduire les émissions de gaz à effet de serre ?

	Région Île-de-France	Autres régions	Ensemble
Acheter de préférence des voitures consommant moins de carburant	29	22	23
Utiliser les transports en commun plutôt que la voiture	52	47	48
Mieux isoler son logement	9	13	13
Acquérir pour son habitation une chaudière plus performante	3	6	6
Utiliser des appareils ménagers qui dépensent moins d'énergie	5	11	10
Sans réponse	1	0	0
	100	100	100

Source : Ademe

étant d'environ dix à quinze points de pourcentage sur les catégories au-delà du baccalauréat.

Il faut donc se demander si la variance n'est pas liée à la culture plutôt qu'à la géographie. Si un tel raisonnement était appliqué, la différence entre l'Île-de-France et les autres régions françaises s'effacerait très certainement. Aujourd'hui, 72 % des personnes interrogées estiment que les scientifiques sont d'accord entre eux pour affirmer que l'effet de serre entraîne le réchauffement de l'atmosphère terrestre, contre 60 % en 2000. La différence entre l'Île-de-France (76 %) et les autres régions (71 %) est légère. Il se peut qu'elle soit due, là aussi, à un écart culturel entre l'Île-de-France et la France dans son ensemble.

Quelles sont les actions qui apparaissent les plus efficaces pour réduire les émissions de gaz à effet de serre ?

Les premières réponses sont toujours en relation avec les transports alors qu'isoler son logement ou acquérir une chaudière plus performante n'apparaissent pas comme une des priorités de premier rang. Malheureusement, ces idées ne progressent que très lentement. Certaines actions sont également simples et faciles à faire, alors que d'autres s'avèrent beaucoup plus complexes, comme celles qui consistent à réduire l'usage de la voiture.

Ainsi, s'il semble facile d'éteindre les appareils électriques, d'équiper son logement de lampes basse consommation ou encore de baisser la température de son logement, le sujet des transports reste plus délicat. En Île-de-France, 65 % des personnes interrogées disent utiliser les transports en commun, contre 25 % pour les autres régions. Sur la France, seulement 33 % des personnes utilisent les transports en commun. 28 % des personnes interrogées affirment qu'elles ne peuvent pas se dispenser de leurs voitures pour leurs trajets.

Le problème des transports est crucial et une résistance persistante s'affirme nettement. Ici s'affiche clairement une différence, qui n'est plus culturelle cette fois, entre l'Île-de-France et les autres régions françaises. Une enquête menée par l'Ademe et l'Insee sur les consommations énergétiques des personnes, notamment à propos des transports, montre que



Pour 29 % des franciliens, acheter de préférence des voitures consommant moins de carburants est une des deux actions les plus efficaces pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (22 % hors Île-de-France).

L. Mignoux/Medd



## Des actions pourraient réduire les émissions de gaz à effet de serre. Pour chacune, dites si ...

	Vous le faites déjà	Vous pourriez le faire assez facilement	Vous pourriez le faire mais assez difficilement	Vous ne pouvez pas le faire
Prendre des douches plutôt que des bains	87	10	2	1
Trier les déchets	83	12	4	1
Éteindre les appareils électriques qui restent en veille	68	24	6	2
Équiper son logement en lampes basses consommation	52	37	7	2
Baisser la température de son logement de deux ou trois degrés l'hiver	54	22	14	9
Utiliser les transports en commun plutôt que la voiture	33	18	21	28

Source : Ademe

## L'utilisation des transports en commun plutôt que la voiture...

	Région Île-de-France	Autres régions	Ensemble
... vous le faites déjà	65	25	33
... vous pourriez le faire assez facilement	13	19	18
... vous pourriez le faire mais assez difficilement	12	24	21
... vous ne pouvez pas le faire	11	32	28

Source : Ademe

## Des mesures pourraient être adoptées pour lutter contre l'effet de serre. Pour chacune d'entre elles, dites si elle vous semblerait...

	Très souhaitable	Assez souhaitable	TOTAL souhaitable	Pas vraiment souhaitable	Pas du tout souhaitable
Limiter la vitesse des automobiles dès leur fabrication en usine	49	31	80	11	9
Obliger les propriétaires à rénover et isoler les logements lors d'une vente ou d'une location	37	40	77	13	9
Mettre une taxe sur les véhicules qui consomment beaucoup d'énergie	45	30	75 (+5)	12	12
Interdire les 4X4 en ville	49	25	74	15	11
Stopper la construction de toute nouvelle autoroute, affecter cet argent au transport par rail	28	33	61	25	12
Abaisser la vitesse limite sur autoroute à 110 km/heure	21	28	49	25	24
Taxer le transport aérien pour favoriser le transport par le train	23	32	55 (+8)	28	15
Augmenter modérément, mais régulièrement le prix des carburants	6	14	20	27	53

Source : Ademe



## Mettre une taxe sur les véhicules qui consomment beaucoup d'énergie

	Région Île-de-France	Autres régions	Ensemble
Très souhaitable	52	44	45
Assez souhaitable	32	30	30
Pas vraiment souhaitable	8	13	12
Pas du tout souhaitable	7	13	12

Source : Ademe

## Interdire les 4X4 en ville

	Région Île-de-France	Autres régions	Ensemble
Très souhaitable	51	48	49
Assez souhaitable	29	23	25
Pas vraiment souhaitable	11	15	15
Pas du tout souhaitable	8	12	11

Source : Ademe

53 % des gens pensent qu'il n'est pas souhaitable d'augmenter, modérément mais régulièrement, le prix des carburants.

A. Lacouchie/laurif



*Dans le concept de la flower lamp, ce n'est pas seulement la lumière qui évoque l'énergie, mais également sa forme, témoin de l'énergie utilisée. Ses pétales changent de forme et modifient l'effet lumineux, quand la consommation énergétique de la maison a été faible. Elle rend ainsi compte des tendances de consommations des habitants.*

*Un changement de comportement est nécessaire afin de rendre le luminaire plus beau.*

STATIC ! présent lors de l'exposition So Watt! à l'Espace EDF Électra

cette différence est motivée par l'accès plus facile aux transports collectifs à Paris, en Île-de-France ou dans les grandes villes. Il est vrai que dans certaines petites ou moyennes villes ou encore à la campagne, les transports en commun n'existent quasiment pas. Il s'agit clairement ici d'une question d'accessibilité beaucoup plus que de différences d'attitudes.

La question suivante concerne les mesures à adopter pour lutter contre l'effet de serre. Il s'agit donc de porter des jugements sur des régulations publiques. Les résultats montrent que «brider les moteurs», «rénover les logements», «stopper la construction des autoroutes et affecter l'argent aux transports rail», «limiter la vitesse» ou encore «taxer les véhicules consommateurs d'énergie» sont des mesures admises par la majorité des personnes interviewées.

Par contre, 53 % des personnes pensent qu'il n'est pas souhaitable d'augmenter, modérément mais régulièrement, le prix des carburants.

En Île-de-France, mettre une taxe sur les véhicules qui consomment beaucoup d'énergie et interdire les 4X4 en

ville est majoritairement considéré comme très souhaitable, un peu moins par les interrogés des autres régions. À nouveau, il s'agit d'un phénomène certes culturel mais plus lié à la densité urbaine et à la préoccupation de vivre dans une capitale régionale, moins polluée et plus saine.

Cette enquête ne pose pas de question sur les énergies renouvelables. L'Ademe, dans cette étude, a cherché à comprendre comment les gens percevaient le changement climatique. Cependant, une question ouverte sur ce qu'ils pourraient faire afin d'aider à réduire le changement climatique a été posée. Les réponses citent spontanément les énergies renouvelables. Beaucoup d'enquêtes faites en Europe montrent que les gens sont désireux d'utiliser les énergies renouvelables. Ainsi, l'opinion des Français et des franciliens, à l'image des européens, a fortement évolué depuis le début du nouveau millénaire. Qu'en est-il désormais en matière de changement d'attitude face à la crise climatique ? Quels sont les enjeux sociologiques et psychologiques ?



D. Riffier / Stock.xan

*Change in attitude regarding the climate-related crisis, sociological and psycho-sociological issues.*

*In view of the change in public opinion regarding the climate change crisis, can we also see a physical change in attitude? What are the sociological and psychological issues at play? What qualitative approach can be explored? Is a qualitative approach possible in a society where polls and surveys prevail over the independent thinking of individuals, a scenario referred to in socio-psychology as the black box, where the centre defines group attitude. The meaning of the word 'attitude' is widely known, but the psychological attitudes are defined in a different way. These attitudes reflect our lifestyles, which are by and large less subject to changes than they appear.*

*Nevertheless, in relation to the climate change crisis, there is an undeniable necessity for a change in public attitude. Where are the main axes of power and influence?*

*What action can be taken to support this collective transformation and dispel fear?*

## Le changement d'attitude face à la crise climatique : les enjeux sociologiques et psychosociologiques

**Erwan Lecœur**  
Sociologue consultant<sup>(1)</sup>

On constate que l'opinion publique a changé face à la crise climatique annoncée. Mais passer d'un changement d'opinion à un changement d'attitude<sup>(2)</sup>, notamment au sens psychologique sociale du terme, qui reflète notre mode de vie, largement moins modifiable qu'ils n'y paraît de prime abord, est un mécanisme complexe qui implique totalement la société. Quels sont les enjeux sociologiques et psychologiques de ces évolutions nécessaires ? Quelles en sont les principaux axes ? Quelles pistes, quelles méthodes peuvent être avancées, pour accompagner cette mutation collective et dissiper les peurs ?

(1) [erwan.lecoeur@wanadoo.fr](mailto:erwan.lecoeur@wanadoo.fr).

(2) Le mot *attitude* se définit par la manière dont on se comporte avec les autres. En psychologie sociale, il s'agit d'une disposition plus profonde, durable et d'intensité variable, qui prend sa source dans les opinions, et qui amènent l'individu à produire un certain nombre de comportements, relativement stables dans le temps. Le Grand Larousse illustré, 2005.



## L'état de l'opinion

Les études menées sur l'opinion par la méthode qualitative permettent d'améliorer notablement la compréhension des évolutions des représentations des Français sur des phénomènes au cours des dernières années, suite à des événements comme la tempête de 1999, la canicule de l'été 2003, ou encore le *tsunami*. Des enquêtes, menées dans le cadre de l'Observatoire du débat public<sup>(3)</sup> laissent apparaître la manière dont le risque climatique modifie la perception de nombreux citoyens, qui y voient parfois l'annonce d'un changement de civilisation, qui renvoie à une finitude historique proche et à la question de la responsabilité individuelle, puisqu'il est de plus en plus admis que ces changements sont provoqués par l'activité humaine. Les avancées scientifiques (et l'unanimité qui les caractérise depuis quelques années) poussent les médias à considérer l'ampleur des changements en cours, tout en faisant de plus en plus le lien direct entre les comportements quotidiens et la crise climatique. Derrière les chiffres et l'implication des activités polluantes, issues des industries, derrière la responsabilité des États, 50 % des émissions de gaz à effet de serre sont annoncées résulter de la consommation des individus. De fait, les individus doivent incontestablement être amenés à évoluer, eux aussi, dans leurs habitudes, en évitant les peurs et le catastrophisme, qui pourraient paralyser l'action.

Une conscience de l'effet d'une théorie du «chaos appliquée» s'est développée, qui s'est notamment traduite lors du *tsunami* : quelque chose de terrible s'est passé dans l'océan. Aux quatre coins du monde, cet avis était partagé pour diverses raisons : la connaissance personnelle du lieu ou par un proche (tourisme), l'empathie, l'effet appliqué de la théorie du chaos



*Une conscience de l'effet d'une théorie du chaos appliquée s'est développée, qui s'est notamment traduite lors du tsunami.*

N. Karsten/Stock.xcn

(connue sous l'angle du battement d'aile du papillon)... L'effet médiatique a été phénoménal. Par l'effet d'accumulation analogique provoqué par l'appréhension du phénomène par les médias audiovisuels, comme pour la canicule de l'été 2003, les Français ont pris conscience d'avoir perdu une certaine «immunité» (territoriale, notamment) et ont fait des compa-

.....  
Pour mémoire, une tonne équivalent carbone, c'est, par exemple :

- Un an de chauffage au gaz pour un trois pièces.
- 840 kg de viande de bœuf.
- 310 kg de mangues transportées depuis l'Afrique du Sud.
- 1,8 tonne de papier.
- 14 000 km en twingo en ville.
- 8 500 km en 4x4 en ville.
- Un aller-retour Paris–New York en avion.
- 160 aller-retour Paris–Londres en train.
- 20 aller-retour Paris–Londres en avion.

Source : Pierre Radanne

.....

raisons de catastrophes semblant se rapprocher... Il s'agit de processus psychologiques très fins, difficiles à recenser dans des enquêtes courantes d'opinion (sondages). Les informations descriptives sur les causes sont, notamment grâce aux médias, de plus en plus fournies. Pour autant, la connaissance des liens de causalité réels reste insuffisante et nécessiterait une pédagogie plus grande. En outre, les individus se sentent peu concernés par les engagements chiffrés, comme ceux du traité de Kyoto. Ils ont l'impression que les «re-régulations» passent au-dessus d'eux, avant tout par le sommet décisionnel, tels les États ou les grandes entreprises. De fait, des responsabilisations potentielles doivent s'opérer, éventuellement par des effets d'annonce internationale, ou des mises en évidence des effets concrets de l'activité quotidienne sur le réchauffement climatique.

(3) Organisme de veille sociologique chargé de réaliser des études qualitatives sur l'évolution de l'opinion relatifs à certains sujets médiatiques et dont l'auteur a été le directeur scientifique de 2003 à 2007.

Face à ces catastrophes, et aux dangers qui paraissent se rapprocher, les populations sont souvent tiraillées entre une mauvaise conscience – pour «mauvais traitement» envers la planète, et la volonté de rénover une certaine «bonne conscience», parfois à moindre frais. Cette forme de «dissonance cognitive» (entre une opinion et les comportements réels) appelle à modifier l'une ou l'autre des parties (opinion ou comportement, qui composent le mixte complexe donnant lieu aux attitudes). Enfin, l'individu, par son double statut de citoyen (en termes d'idéal) et de consommateur (être de besoins) est entraîné dans un cycle de «libéralisation – privatisation» qui le pose alors en consommateur – client *versus* citoyen : d'un côté, il est appelé à dépenser, voire conforté dans son désir de consommer (croissance), alors que d'un autre côté, on lui demande de restreindre ses émissions d'énergie, liées à cette consommation. On a pu observer combien certaines solutions disponibles étaient alléchantes : ainsi du Pacte pour la planète et de ce que l'on appellera un «clac pour la planète» (signature sur Internet). Le

risque, ici, serait de donner le sentiment d'un rachat suffisant, d'un rééquilibrage (retrouver de la consonance entre son opinion et son comportement) – qui ne serait, au fond qu'un réconfort illusoire et insuffisant. Cela ne suffit évidemment pas, admettent ceux qui le revendiquent. Mais comment faire autrement pour sortir de cette difficulté, de cette dissonance cognitive... ? Quelles sont les façons de changer d'attitude, les formes de l'influence sociale qui pourraient être efficaces ?

### Les étapes du changement d'attitude

Il existe, en résumé, trois formes principales d'influence sociale : l'obéissance à l'autorité, le conformisme et l'innovation sociale. L'autorité, c'est l'obéissance à une personne qui incarne une compétence (charisme, connaissance, etc.) ou une position hiérarchique (d'autorité bureaucratique, par exemple, dans l'état agentique<sup>(4)</sup>) qui permet aux individus de justifier par obéissance, suivisme, leurs actions potentiellement dangereuses, voire mortifères.

La deuxième grande forme de l'influence sociale est le conformisme, c'est-à-dire le fait de se conformer à la façon de faire, aux choix de la majorité (en termes d'influence sociale, les médias, les gens en vue, l'habitude, etc.). Le conformisme est la plus forte forme d'influence sociale dans les sociétés démocratisées et rationalisées. Son intérêt réside dans la rapidité du changement de comportement (se mettre en conformité à la règle, la norme), mais la conviction profonde ne suit pas forcément (opinion).

Troisième forme d'influence sociale, «découverte» dans les années 1970 par Serge Moscovici (1979), l'innovation – appelée également la théorie des minorités actives – tente d'expliquer comment s'opèrent des modifications (innovations) au sein des sociétés, sous l'impulsion de groupes ne détenant pas le monopole de l'influence (et des règles, normes, ou valeurs). Pour qu'une personne change véritablement d'attitude, et pas seulement de comportement, il est nécessaire, selon cette théorie, de la placer dans un groupe au sein duquel s'exerce une influence minoritaire forte et constante. Ces sources d'influence doivent remplir certaines conditions pour que leurs discours, leurs attitudes, leurs comportements, d'abord minoritaires puissent devenir audibles, crédibles en tant que porteurs de solutions, pour changer les opinions et les comportements. Dans notre société, la communauté gay ou le mouvement féministe en sont des exemples : ces minorités actives sont devenues des mouvements sociaux et ont influencé la société en profondeur.

(4) En psychologie sociale, l'état agentique définit un individu qui se considère comme l'agent d'une volonté extérieure, engagé sous une autorité (sans disparition du sens moral de l'individu : tension, état d'âmes, conscience du mal). Cf. l'expérience de S. Milgram sur l'obéissance à l'autorité, 1974.



Construites à partir d'opinions ou de représentations sociales, les attitudes sont notamment sensibles aux comportements nouveaux, vecteurs de renforcement social.

B. Raoux/laurif

Le changement d'attitude peut s'opérer par le biais des opinions, des idées, des représentations sur différents sujets, ou encore par les comportements. Les attitudes sont, de façon générale, assez stables et ne changent pas durant la vie de certains individus. Construites à partir d'opinions ou de représentations sociales, elles sont notamment sensibles aux comportements nouveaux, vecteurs de renforcement social. En effet, presque toutes les enquêtes de psychologie sociale depuis les années 1940 montrent que lorsqu'un individu veut changer d'attitude, il se retrouve face à un style de comportement qu'il souhaite renforcer. Le marketing, certains systèmes de vente, utilisent les mêmes méthodes. Or, ce n'est pas parce que les gens affirment avoir une opinion nouvelle qu'ils changeront pour autant d'attitude...

Ainsi, les attitudes sont une résultante complexe de la confrontation permanente (au sein du cerveau, cette «boîte noire» aux connexions complexes, qualifiées de «fonctions cognitives») des opinions individuelles et collectives et des comportements individuels, volontaires ou forcés. Pour autant, l'attitude d'un individu n'est pas la résultante directe de ses opinions en accord avec ses comportements. En fait, de nombreux comportements sont en contradiction avec les opinions, l'individu est ainsi souvent en état de «dissonance cognitive». La famille, les amis peuvent influencer les changements d'attitudes, tout comme la publicité, la radio et même

les annonces gouvernementales. Toutefois, les comportements peuvent se modifier en façade – par conformisme à la norme ambiante, qui est la principale forme de changement – sans vraiment évoluer sur le fond et dans la réalité. Par exemple, il est possible de penser que la crise climatique nécessite de vrais changements, sans pour autant changer soi-même ses comportements quotidiens...

### Les effets de la peur et de l'angoisse

Face à l'idée de changement, les sentiments de peur, d'angoisse sont très courants. Ils poussent, bien souvent, l'individu à évoluer dans son comportement, à se référer à un modèle dont le risque est le conformisme. Éléments moteurs de prise de conscience, la peur et l'angoisse peuvent cependant annihiler la prise de responsabilité individuelle et développer le suivisme d'un groupe référent habituel, voire extrémiste. Cette situation ne permet pas forcément de renforcer la conviction, c'est-à-dire l'opinion en accord réel avec le comportement «conforme». La peur peut aussi entraîner des comportements de fuite face à la réalité comme le déni, en agitant les désaccords scientifiques sur l'ampleur du phénomène ou la prise en compte des intérêts divergents pour refuser le sujet. La peur peut également provoquer une amnésie, un repli sur soi accompagné d'une attitude de «profitons tant qu'il est temps», une consommation frénétique ou l'accaparement des moyens et source



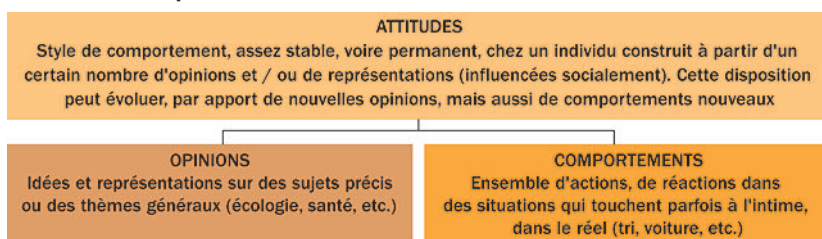
*La peur amène l'individu à opérer des replis identitaires, nationalistes, religieux et culturels, qui commencent à se traduire par la privatisation des espaces.*

A. Lacouchie/Laurif

d'énergie avec les risques que cela peut comporter. Enfin, à la mesure des risques, peut se développer une forme d'attirance pour le chaos annoncé, qui s'apparente à une «tentation de la ruine», au sens de Sigmund Freud (Malaise dans la civilisation), caractéristique de «l'homme-masse» (Ortega Y. Grasset). Une fuite en avant que l'on pourrait résumer ainsi : «puisque tout va mal, il faut aller jusqu'au bout de ce chaos, même jusqu'à la guerre, si nécessaire».

Les effets de la peur peuvent mener à des crises politiques et démocratiques. Par la question de l'accaparement des ressources par quelques uns ; la difficulté à énoncer les règles d'une nouvelle répartition des richesses et des ressources disponibles... Suivant le schéma du bouc-émissaire, la peur amène l'individu à opérer des replis identitaires, nationalistes, religieux et culturels. La crise climatique risque de renforcer des tentations communautaires, notamment dans les pays du sud, des replis sur la sphère privée, clanique notamment ou sur les intérêts

#### Attitudes et comportements



Source : Erwan Leccœur



immédiats justifiés par le «sauve qui peut» généralisé... Elle induit également une privatisation des espaces. Ce phénomène encore rare en Île-de-France, apparaît dans d'autres pays qui développent des interdictions d'accès sans «laisser passer». Cette privatisation des espaces est une forme de réponse à la privatisation de l'angoisse et à la raréfaction de l'énergie et des ressources. Ainsi, très vite, ce qui est rare devient cher... C'est donc bien l'enjeu démocratique de cette question qui devra orienter les priorités collectives pour imposer les changements nécessaires, par des lois et des normes.

### La nécessité de groupes de référence intermédiaires

Sur le plan individuel, le problème est donc de mettre en «consonance» une opinion (éventuellement récente) et un comportement. Cela passe par une modification de la norme (opinion sur le souhaitable) et par la normalisation de comportements nouveaux. Face à l'enjeu, un individu peut essayer de changer seul d'attitude, mais il est fort peu probable qu'il y arrivera sans mobilisation collective, sans support social (dispensateur de normes, de règles nouvelles). Comme le montrent nombre de travaux de psychologie sociale, le sentiment d'appartenance à un groupe, ou l'envie de s'y référer, peut aider à changer. Beaucoup de comportements et changements sont, en réalité, des changements de groupe dont les individus font partie ou auxquels ils se rallient. Il ne suffit pas de changer ; il faut en outre avoir la possibilité de donner une justification. L'insertion sociale a alors un rôle extrêmement important.

Ces groupes référents, au sein desquels l'individu trouve à se conforter dans son opinion et sa volonté de modifier

ses comportements, sont aussi là pour construire l'histoire du changement, permettant d'écrire par la même occasion l'histoire de l'individu en train de changer d'attitude et de comportements. Pour qu'il y ait changement, des solutions doivent donc être proposées afin que les hommes puissent agir, mais il leur faut aussi justifier le bien-fondé de leurs actions vis-à-vis d'autres individus. L'individu en passe de changer d'attitude a besoin de pouvoir le justifier vis-à-vis des autres, que ce soit par le biais d'opinions ou d'actions. Car l'estime de soi et la reconnaissance sociale jouent un rôle primordial, parfois valorisées par de nouvelles normes sociales, produites et portées par le groupe. Il faut également que la modification de comportement soit source de plaisir et vectrice de «confortement» social pour pérenniser le changement.

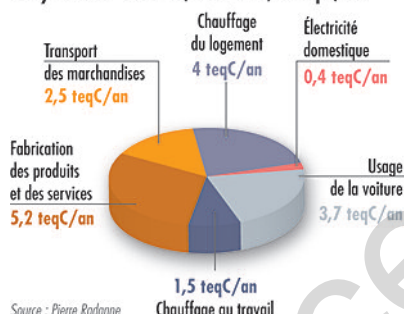
Construire un récit de vie réussie par temps de crise n'est possible que si des minorités actives prennent en charge la nécessité de poser un conflit en termes de valeurs, qui se déclinerait sous formes de règles, normes, et compor-



*L'individu doit pouvoir évaluer le niveau de son émission de gaz à effet de serre et la réduction qu'il peut mettre en œuvre.*

R. Clix/Stock.xcn

### Émissions de CO<sub>2</sub> d'un ménage français moyen : 17 tonnes/an ou 4,6 teqC/an



tements adéquats. Les groupes permettent également de poser un conflit. L'état de crise (problème sans solution) ne suffit pas toujours à faire advenir un changement conséquent. On pourrait même dire que les sociétés ne changent fondamentalement sans en passer par un conflit - sans pour autant qu'il soit violent ou engendre la violence. La psychologie sociale, comme l'histoire, le montrent bien. De façon générale, ces conflits sont d'ordre politique et impliquent des rapports de force entre divers groupes sociaux, parce qu'ils touchent à des valeurs, à une vision du monde. Les conflits permettent également d'obtenir des groupes la mise en place, en leur sein, de «buts supra ordonnés» : un objectif commun qui nécessite une réalisation collective.

L'évolution de l'opinion d'individus ne suffit pas à modifier les attitudes. Il faut que ces comportements (apprentissages de nouvelles habitudes) soient généralisables et conformes à ces nouvelles opinions. La réussite des minorités actives passe par le fait que leur histoire puisse être reprise et popularisée par la majorité nouvelle (via les médias, notamment) sous forme de témoignages, capables de composer les chapitres d'une histoire du changement dans laquelle chaque individu peut trouver des clefs de lecture et de compréhension de sa place dans le monde. Ce qui n'est pas encore le cas.

## Les voies d'un changement «vertueux»

Les principaux acteurs, responsables publics, entreprises ou secteur associatif, doivent guider et accompagner ce changement, en donnant à voir une équité dans la répartition de la charge : il faut que chaque partie du corps social puisse évaluer les efforts des autres, pour ne pas avoir la sensation de porter seul le fardeau.

Ici encore, les médias ont un rôle primordial, dans leur fonction d'écriture de l'histoire du temps présent, pour mettre en exergue la nature et l'objet des conflits qui ne manqueront pas d'apparaître entre les divers groupes en lice, mais aussi parce qu'ils doivent retransmettre et donner à comprendre la méthode et les moyens mis en œuvre par ces groupes, ainsi que le rythme auquel doit se faire l'évolution (agenda décisionnel). L'affichage d'un calendrier, mentionnant les différentes étapes à franchir au niveau des individus, devient incontournable et urgent. Pour que l'individu se sente concerné et puisse s'engager, il faut que le processus global soit compris, que le rythme soit évalué, et qu'il puisse mesurer son propre poids dans cet ensemble, le niveau de son émission de gaz à effet de serre – et le niveau de réduction qu'il peut mettre en œuvre.

Il faut proposer des solutions, techniques, organisationnelles, comportementales et les accepter sur la base d'un renforcement du comportement «positif», guidé par des groupes de référence. Vecteurs de l'idée du changement, ces groupes sont également des supports sociaux et des agents propagateurs des attitudes portées par ces minorités actives.

## Quelques préconisations contextuelles

Il existe de nombreuses façons de mettre en place ces changements chez les individus, dont voici quelques exemples :

- généraliser l'apprentissage des mécanismes de base du réchauffement climatique et des techniques disponibles ;
- établir un calendrier des actions à mener, pour les collectivités comme pour les individus ;
- donner des exemples visibles et reproductibles d'actions bénéfiques pour l'économie, l'emploi, la qualité de vie ;
- permettre à chacun d'avoir une vision des actions possibles au niveau individuel et local ;
- poser la «communauté de référence» dans laquelle chaque individu peut se retrouver, à laquelle se référer ;
- construire le «but *supra*-ordonné» de ce groupe auquel chaque personne peut se sentir appartenir ;
- identifier les lieux de conflit, les épreuves à surmonter en termes de difficulté et aussi les adversaires à convaincre ou à éviter ;
- prévoir des gratifications, des rituels de passage dans la mise en œuvre ;
- construire une histoire, une projection de soi-même positive dans ce cadre : un récit de vie réussie par temps de crise.



*Les instances décisionnelles doivent donner des exemples visibles et reproductibles d'actions bénéfiques pour l'économie, l'emploi, la qualité de vie.*

B. Raoux/Laurif

## Opinions et comportements, les moteurs du changement

Table ronde animée par **Véronique Lamblin**

Directrice d'études, prospective et stratégie

Groupe Futuribles

Pour ce débat, nous retrouvons **Stéphane Villard**, ingénieur de recherches à EDF, commissaire de l'exposition *So watt!* ; **Chérif Hakem**, directeur de l'urbanisme de la Ville de Noisiel ; **Jean-Yves Rincé**, associé Publicis et **Pierre Radanne** invité au titre de témoin principal.



François Dugeny, Mireille Ferri et Gérard Lacoste.

P. Thiot/laurif

La table ronde a réuni des acteurs publics et privés qui se sont engagés dans des démarches systématiques de réduction de la consommation d'énergie .

- Électricité de France avec l'exposition *So Watt!* qui présente des projets expérimentaux de designers internationaux ;
- la commune de Noisiel qui décrit une expérimentation de thermographie municipale ;
- le groupe Publicis qui a participé au Grenelle de l'environnement.

### Le point de vue d'un producteur d'énergie : EDF

EDF a organisé à Paris une exposition et un film *So watt! Du design dans l'énergie*, très spectaculaires, présentant une quarantaine de projets internationaux mis au point par des designers. L'objectif est de développer chez le consommateur privé ou l'acteur économique un nouveau rapport à l'énergie, conciliant confort et respect de l'environnement. Quelques exemples de réalisations :

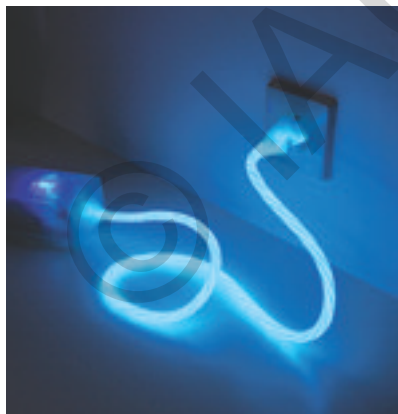
- Une série de lampes, multiprises, interrupteurs changent de couleur ou de forme pour informer l'utilisateur de sa consommation énergétique. Il s'agit d'outils pour accompagner le changement de comportement quotidien au sein des foyers, par des messages esthétiques simples et clairs ;
- le projet italien *In Luce* en test à Bologne consiste à afficher sur les bâtiments remarquables d'une ville la consommation collective d'énergie ;



Le projet Wind-it propose de superposer un réseau d'éoliennes au réseau existant de transport et de distribution de l'électricité.

Encore Heureux

- le design permet aussi de fabriquer de beaux objets utilisant des énergies renouvelables : à l'usage de particuliers, comme le sac *Power purse* (USA), fait à partir de cellules photovoltaïques qui permettent de recharger son téléphone portable ou à usage collectif comme les lampadaires éoliens allemands qui éclairent les plages, ou le projet français *Wind it* de pylône éolien.



Un projet suédois révèle la consommation d'énergie des appareils par l'intensité d'une lumière bleue, liée au nombre de watts dépensés.

STATIC ! présent lors de l'exposition *So Watt!* à l'Espace EDF Électra





*Les gestes individuels peuvent devenir des leviers d'actions collectives favorisant les solutions motivantes.*

BSK/Stockxcn

Tous ces projets utilisent des technologies très innovantes, mais leur objectif premier est de changer les consciences et les comportements. La sociologie nous apprend comment valoriser les gestes individuels pour en faire des leviers d'actions collectives. Alors que les voitures sont depuis longtemps équipées de tableaux de bord qui donnent en temps réel toutes les informations sur le niveau de la consommation, l'habitat et le tertiaire ne disposent pas de tels outils. Le design pourrait favoriser l'attractivité de l'information, en particulier en rendant visible ce qui ne se voit pas, comme les flux électriques, et qui est donc difficile à maîtriser.

L'enjeu concerne également les entreprises : aujourd'hui, suite aux accords de Kyoto et à la loi d'orientation sur l'énergie, la France met en place un système de certificats d'économie d'énergie qui oblige les grands fournisseurs, comme EDF, à faire des économies sous peine d'être taxés. D'après les prospectivistes, l'avenir est vraiment contraint. Les entreprises prennent conscience des enjeux, développant peu à peu une logique de maîtrise

de l'énergie ainsi qu'un développement des énergies renouvelables. Tous les programmes de recherche vont dans ce sens. Le professionnalisme d'EDF réside dans l'ajustement permanent de sa production à la consommation, compte tenu de l'impossibilité de stocker l'électricité à grande échelle. De fait, ceci nécessite l'accompagnement des citoyens dans la maîtrise de leur consommation énergétique. Le challenge pour les entreprises productrices d'énergie est désormais d'entrer dans le marché de l'économie d'énergie.

### Réactions de Pierre Radanne

Le film *So Watt!* projeté atteste du grand trouble dans lequel est aujourd'hui la planète, qui représente une source d'angoisse même pour les créateurs. Certes, chercher à résoudre ces problèmes par l'esthétisme est une bonne idée car autant utiliser le beau, le plaisir et le rassurant, plutôt que la crainte ou la souffrance. Mais il est dommage que ces démarches artistiques soient toutes médiatisées par l'objet. En effet, en se centrant sur l'objet, elles ne réorientent pas vers



Stéphane Villard.

P. Thiot/laurif

« Compte tenu de l'impossibilité de stocker l'électricité à grande échelle, EDF, comme tout fournisseur d'énergie cherche à continuellement ajuster sa production à la consommation »

Stéphane VILLARD, EDF

“ L'économie du changement climatique générée par les mécanismes de Kyoto organise un rationnement international qui tombe en pluie sur les États, qui le redistribuent à leur tour aux entreprises ”

Pierre RADANNE, Cabinet Futur facteur 4



Pierre Radanne et Erwan Lecœur.

P. Thiot/laurif

une autre forme de plaisir, une autre forme de consommation. Le risque est d'instrumenter trop vite ce plaisir par des objets, c'est à dire de jouer sur la culpabilisation pour vendre ces objets. Or, l'économie du changement climatique générée par les mécanismes de Kyoto organise un rationnement international qui tombe en pluie sur les États, qui le redistribuent à leur tour aux entreprises. Ainsi, au travers des certificats, EDF, dans l'intérêt général, voit ses ventes d'énergie limitées à une certaine quantité. Elle doit donc vendre le meilleur service possible à ses clients pour qu'ils lui permettent de respecter les limites imposées. Le rationnement passe par des instruments de marché. Il s'opère un passage vers des situations d'échanges où il existe un intérêt à rémunérer celui qui aide à respecter la limite et à pénaliser celui qui la dépasse. Cette économie s'applique sur l'énergie et le climat en premier. Il faut bien comprendre que maintenant une compagnie d'énergie vend certes toutes les énergies et bien sûr de l'électricité, mais vend en plus un service qui se doit de satisfaire sa clientèle. C'est un énorme progrès qu'il convient de traiter avec sérieux.

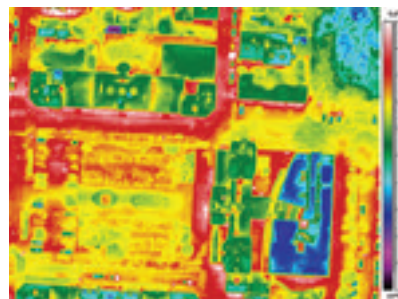
## L'expérience d'une collectivité locale

Une expérimentation de thermographie aérienne a été réalisée par la ville de Noisiel en Seine et Marne au printemps 2007. Un hélicoptère équipé d'une caméra thermique et d'un GPS a survolé la ville et enregistré en continu des images thermiques permettant de mesurer les températures des bâtiments. Cette étude, demandée par la municipalité, et réalisée sur environ 1 300 bâtiments avait pour objectif de sensibiliser tous les acteurs et habitants de la ville. Elle a ainsi permis d'obtenir une photographie des déperditions des bâtiments de la commune. Le constat est que 30 % des déperditions thermiques proviennent des toitures.

Six niveaux de classement définissent les déperditions : plus c'est rouge, plus c'est chaud... et plus les bâtiments perdent de l'énergie dans l'atmosphère. L'intérêt d'une thermographie aérienne est d'alerter sur les zones sensibles. L'étude de Noisiel est aujourd'hui achevée. Toutes les données ont été stockées sur un cadastre numérisé. Ses résultats sont consultables avec une interface *Googlemap* qui les rend plus

## La thermographie aérienne

Carte thermique de la Ville de Noisiel au 1:2000ème



La thermographie aérienne permet de fournir un indicateur sur la déperdition des bâtiments et d'identifier les actions prioritaires.

ITC 2007

lisibles, à la fois sur le site de la ville et auprès de la maison de l'environnement, espace info énergie labellisé de l'Ademe. Les espaces info énergie sont gratuits et orientent les habitants vers un diagnostic de leur habitat. Depuis la restitution de l'étude, l'espace info énergie connaît une fréquentation en hausse. Mais, il est encore trop tôt pour tirer un bilan de cette étude. Par contre, pour les bâtiments communaux, un diagnostic énergétique plus complet va être lancé et des travaux sont prévus. Il existe aujourd'hui peu d'études de thermographie dans d'autres communes pour établir une échelle de comparaison. Cependant des initiatives sont en cours.

## Réactions de Pierre Radanne

Les premières thermographies ont été réalisées il y a vingt-cinq ans sur les régions de Meaux et Conflans (NDLR après les précédents chocs pétroliers). De nos jours, si l'on veut que ces travaux aient la diffusion nécessaire, il ne suffit pas de les publier sur le site des Mairies : il faut les afficher dans les toutes les supérettes ! La ville de Noisiel, grâce à cette étude, a fait les neuf dixièmes du travail, mais il reste encore toute la partie marketing à bâtir. Et au-delà,

pour faire évoluer le parc il faudra analyser quels sont les logements rentables à isoler, définir où investir, et contacter les banques pour définir des moyens de financement.

## L'enjeu de la communication

Jusqu'à récemment, seuls les acteurs publics ou les industriels de technologies ou de produits dans ce domaine mettaient le sujet du changement climatique au cœur de leurs communications.

Le secteur de la publicité n'était donc sollicité que de façon très ponctuelle. Mais les discours sur cette thématique évoluent au sein des entreprises. La prise en compte du changement climatique devient à la fois une préoccupation dans leur activité et un élément constitutif de leur image. Donc, à travers des campagnes publicitaires, certains discours portent sur l'énergie, sur la consommation énergétique et d'autres intègrent désormais ce sujet comme l'un des éléments constitutifs d'une bonne image. De plus en plus, les entreprises ont besoin de dire, de faire savoir à leurs clients, à leurs fournisseurs qu'elles intègrent la dimension



Chérif Hakem.

P. Thiot/taurif

“ La thermographie met en évidence que 30 % des déperditions thermiques proviennent de la toiture. ”

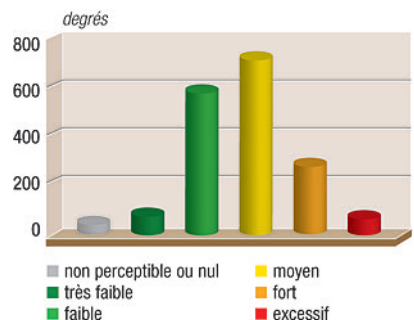
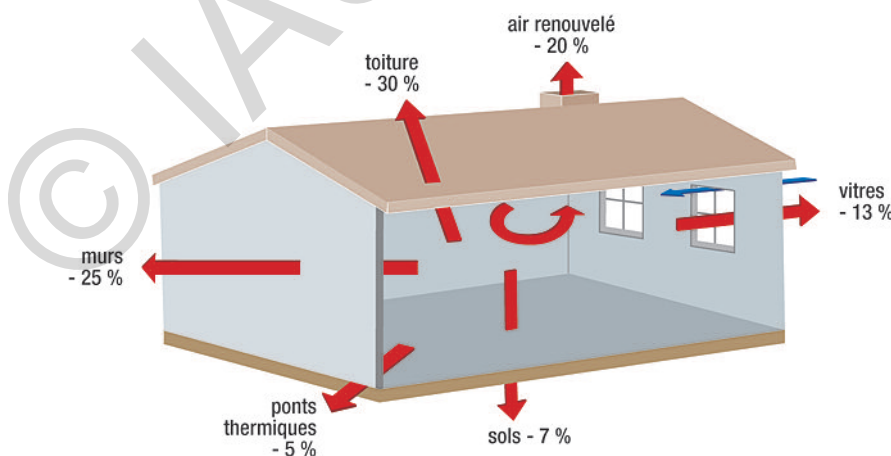
Chérif HAKEM, Ville de Noisiel



Pierre Radanne.

P. Thiot/taurif

## de la ville de Noisiel



Environ 30 % des déperditions thermiques des maisons individuelles sont dues à la toiture.

ITC 2007





*Le délai de réaction aux campagnes publicitaires diminue avec l'amplification de l'information. Campagne Ademe «Réduisons vite nos déchets, ça déborde».*

Philippe Planrose/Ademe

climatique dans leur production. L'objectif est de responsabiliser, que ce soit sur la santé publique ou sur le réchauffement climatique. Il convient alors de trouver le bon registre pour entrer en communication avec le public visé. Dans un premier temps, il faut réaliser un échange d'opinion, puis expliquer comment mettre ses gestes en accord avec cette nouvelle opinion. Le choix des arguments reste assez vague et chaque communicant peut choisir un registre plus ou moins alarmiste. Mais il est un registre qu'il faut absolument éviter, c'est celui de la culpabilisation. En effet, la culpabilisation

enferme l'individu, le met dans une position de non ouverture vis-à-vis du sujet et ne favorise, en aucun cas, le changement d'opinion et de comportement. Un discours responsabilisant, mettant en œuvre un certain nombre d'informations graves, serait sans doute l'équilibre. Et trouver cet équilibre s'avère nécessaire pour que le public visé soit capable d'accepter, d'entendre et de trouver une solution collective. C'est ce que le Ministère de l'Écologie a souhaité avec sa campagne «Il n'y a pas de petits gestes quand on est 60 millions à les faire». En d'autres termes, chacun peut contribuer individuellement pour qu'il se passe collectivement quelque chose. C'est aussi une façon pour ne pas tomber dans le catastrophisme. En effet, les signes catastrophiques qui circulent ne laissent pas indifférent, mais ne donnent pas forcément une envie de trier ses déchets chaque matin ou encore mettre de son télévision hors veille le soir.

Pour faire progresser les attitudes, il faut trouver des groupes référents auxquels l'individu pourra s'identifier pour une action collective et vertueuse avec des récits de vie réussie. Les témoignages d'une campagne n'ont de valeur que si celui qui les reçoit est capable de s'identifier à ceux qui témoignent. Aujourd'hui, on peut mettre en avant des expériences et des réalisations susceptibles de déclencher chez une population plus large une envie d'en savoir plus. Mais le témoignage est à la fois une bonne et une mauvaise chose et il faut se montrer prudent dans ce genre d'exercice et chercher des références de proximité. Il est en effet plus difficile de croire aux choses qui se passent loin, géographiquement ou socialement, qu'à ce qui a été essayé à côté de chez soi. Ainsi, arriver à créer des pôles d'exemplarité au niveau des collectivités notamment, permettrait un plus grand essaimage

*Il n'y a pas de petits gestes quand on est 60 millions à les faire.*



*Campagne de responsabilisation du ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables «Il n'y a pas de petits gestes quand on est 60 millions à les faire».*

L. Mignaux/Medad

des actions. On constate que le délai de réaction aux campagnes diminue avec l'amplification de l'information. De plus, la communication est de plus en plus souvent accompagnée de propositions de pratique. Et faire une campagne pour dire ce qu'il faudrait faire, c'est bien mais donner la possibilité aux gens de commencer à faire des gestes utiles, c'est encore mieux. Informer en premier lieu est absolument nécessaire, mais il faut très vite donner à la population la possibilité de mettre en pratique tout en lui donnant des pistes de solutions.

Les publicitaires ont un important rôle à jouer, mais les messages sont encore contradictoires : ainsi, dans un magazine, quatre pages traitent du réchauffement climatique, et quelques pages plus loin on trouve une publicité pour des 4X4 ! Il faut mener un travail de sensibilisation auprès des clients annonceurs pour lancer des campagnes plus responsables. La vulgarisation scientifique est aussi un enjeu fort de communication, la Grande-Bretagne réalise de très bons sujets, très simples, la France n'arrive pas à en faire autant pour l'instant, pour des problèmes de format publicitaire, mais peut-être également de formation des journalistes.

Une construction de l'imaginaire individuel et collectif doit se faire. Pierre Radanne donne l'exemple d'une exposition sous chapiteaux de 15 000 m<sup>2</sup> qui va tourner pendant deux ans dans toutes les villes de Picardie sur le thème « Qu'est-ce que réussir sa vie au XXI<sup>e</sup> siècle ? ». Des cartes bleues chargées d'argent et d'énergie sont distribuées à l'entrée et tout au long de l'exposition, les visiteurs consomment. Ils prennent un appartement, utilisent les transports, les ordinateurs... Une scénographie reconstitue leur vie quotidienne et saisissent leurs actes. Grâce à leur carte bleue, leurs consommations et leurs émissions sont étudiées.

Les visiteurs entrent dans une démarche réelle d'utilisation de leur carte bancaire avec une interdiction de se mettre dans le rouge. Mais ils doivent afficher leurs préférences personnelles, garder la possibilité d'exercer un choix, un principe de plaisir. Nous tentons de ne pas multiplier les injonctions à travers les gestes, ce qui, quelque part, est une privation de liberté.

## Les comportements et les objets techniques

Comme l'ont constaté la sociologie et l'anthropologie, les comportements ne sont pas figés, à un instant précis, ils s'inscrivent dans l'histoire. Un exemple frappant est celui de l'univers technique domestique qui, ces cinquante dernières années, a vécu une énorme révolution avec le déferlement massif d'appareils consommateurs d'énergie. La question des comportements face aux enjeux climatiques et énergétiques peut ainsi être reformulée : face aux systèmes techniques d'aujourd'hui, comment faire changer les comportements ? La technique n'est pas neutre. Actuellement, chacun a le droit de polluer, de consommer, de produire plus... Mais dans l'avenir, l'homme aura-t-il ce droit ? Chacun d'entre nous est consommateur et, de plus en plus, appelé à être citoyen. La technique influe beaucoup sur le passage du changement d'opinion au changement de comportement. Il est plus aisé de diviser sa consommation si la technologie y aide. Comme exemple de cette évolution, on vient de réinventer la pile avec manivelle, un système qui existait déjà dans les années trente. L'homme sait être très efficace sur les consommations concentrées en réalisant par exemple des économies d'énergie au travers de l'isolation où de réels progrès ont été accomplis.



Jean-Yves Rincé.

P. Thiot/laurif

“ La culpabilisation enferme l'individu, le met dans une position de non ouverture vis-à-vis du sujet et ne favorise, en aucun cas, le changement d'opinion et de comportement. ”

Jean-Yves RINCÉ, associé groupe Publicis

“ La fabrication de l'imaginaire est pour moi la bataille la plus importante pour faire évoluer les comportements. ”

Pierre RADANNE, Cabinet Futur facteur 4

Mais la consommation énergétique est aujourd'hui complètement fragmentée : entre cinquante et cent appareils à moteur électrique sont en moyenne recensés dans un appartement et l'invisibilité des usages de l'énergie s'accroît. Les nouvelles technologies de communication doivent jouer un rôle de recouvrement et d'entraide entre les objets et les comportements. Sortir d'une pièce et éteindre la lumière est un comportement. Si la lumière s'éteint automatiquement alors l'objet vient se substituer au comportement ou même vient l'assister. Aujourd'hui, il faut donc bien réfléchir à tout cela. L'humanité ne rentre pas dans un siècle de répression individuelle, mais dans un siècle de nouvelles relations avec les objets qui assisteront de plus en plus les comportements tout en envahissant l'espace. La relation à l'objet est nouvelle et c'est un thème que s'approprient aujourd'hui les gens de l'énergie. Les «écologistes» de leur côté ne font pas l'effort de l'alliance avec les nouvelles technologies, or une grande partie des questions posées a besoin de cette alliance. De ce point de vue, le travail des designers de rendre visible la consommation énergétique est intéressant. Ces créateurs s'adressent à un public qui souhaite changer les choses, ils s'adressent à une certaine élite culturelle ou encore une minorité active. Ces minorités actives montrent la voie. Il y a cependant un danger, car ces créateurs cherchent avant tout à inventer des styles de vie ou des évolutions individuelles par l'objet, et individualiser le problème de la relation aux objets amène à éviter de chercher des solutions collectives. Or, devant le problème global posé à notre planète, il faut mettre en évidence les enjeux et les conflits prévisibles pour pouvoir mener les débats contradictoires indispensables.

## Les comportements et le processus politique

Parler de modifier ses comportements face à l'énergie, c'est parler d'un modèle de société. Or il existe plusieurs modèles et c'est pourquoi l'homme doit choisir. Ces choix peuvent être extrêmement divergents, voire même antagonistes. Le seul moyen de s'en sortir est la régulation collective, et donc l'action politique, au niveau international, mais aussi national ou local, en associant la population. L'expérience du Plan climat de la Ville de Paris est un bon exemple de mise en pratique. Pour obtenir une décision publique préparée et validée par l'ensemble des citoyens, il s'agit de créer un désir d'une politique climatique. Il faut que la population prenne conscience que ses idées et réflexions seront utiles à tous dans ce combat contre le réchauffement climatique. Il s'agit plus précisément d'une démocratie d'élaboration que d'une démocratie participative. À Paris, le processus s'est construit en trois temps. Dans un premier temps, les mairies d'arrondissement ont organisé des débats, ouverts à toutes et tous. Ces réunions avaient pour but d'informer les habitants du grave problème actuel. Dans un second temps, huit groupes de travail ont été constitués. Six mois ont été consacrés à la formation sur le réchauffement climatique. Pendant à nouveau six mois, les groupes, composés de gens issus de tous milieux sociaux, culturels, ont fait des propositions de solutions sur le bâtiment, les transports, etc. Ce processus temporel long est absolument nécessaire pour obtenir un travail collectif. Les groupes ont ensuite rédigé des rapports de propositions. Dès le début, il était clairement énoncé que toutes les propositions écrites seraient retenues, même si la rédaction n'était pas similaire à celle soumise. De toutes ces pro-



Sac fait à partir de cellules photovoltaïques permettant de recharger un téléphone portable ou un lecteur MP3.

Solarjo



positions, il en est d'abord ressorti un énorme mal-être, un manque de confiance et toute une série d'interrogations sur l'avenir. Mais dès l'instant où collectivement les gens se sont mis à écrire un récit collectif réussi, une envie de devenir acteur a nettement émergé. Début février 2007, ce texte de propositions a été remis à la municipalité de Paris afin qu'elle puisse s'en servir pour établir des décisions. Après une période conflictuelle, une délibération a finalement été proposée et votée à l'unanimité. Cette démarche a prouvé que ce processus ascendant permet un processus de démocratie d'élaboration dans un premier temps puis de démocratie représentative dans le second temps. Le temps du politique n'est pas le même que le temps de l'appropriation collective. La formation est d'autant plus indispensable qu'elle permet ensuite d'aller vers de nouvelles méthodes de travail, vers une appropriation de ce collectif par les services publics aussi. Formation et nouvelles méthodes de travail doivent aider au décloisonnement entre les différentes échelles géographiques territoriales mais aussi entre les services d'une même institution. Les politiques réagissent encore avec un temps de retard par rapport à l'opinion et, comme c'est justement eux qui doivent préparer les choses, un décalage est fort à craindre. La question n'est pas de modifier les comportements, elle est pour le politique de s'adapter à une modification rapide des comportements.

Aujourd'hui, le modèle d'exemplarité politique retenu vise à expérimenter très vite par la mise en pratique. Ainsi, le schéma directeur de la Région Île-de-France met en place la construction de nouveaux quartiers de ville, à la fois pour intervenir sur les questions de logement mais aussi, sur le fonctionnement d'une aire urbaine, rétroagir sur l'existant, proposer un

modèle urbain qui rende acceptable par les citoyens les notions de compacité, de multi fonctionnalités des lieux, de qualité de l'espace public, etc.

Il faut saisir ces expérimentations exemplaires pour le déploiement d'une politique plus large où la question de l'énergie sera traitée au regard d'autres aspirations sociales. Les autres segments de la vie doivent être mis en relation sans quoi, le modèle de protection sur les aspects environnementaux risque de devenir une sorte de contre exemple. Notre société est très décomplexée pour faire de la prospective à propos de la technologie, des flux ou de l'économie. Par contre, la prospective des comportements est totalement paralysée. C'est pourquoi une prospective totale doit être réinventée, dans laquelle le scénario des technologies, des échanges et calculs économiques mais aussi celui des modes de vie seraient légitimes. Le territorial peut se construire sur une prospective explicite qui doit aussi se baser sur les comportements.

À travers ces ateliers, une forme de réflexion un peu plus aboutie s'est créée parce que justement tous ces aspects-là ont été croisés. Il faut la poursuivre car cette intelligence ne doit pas rester confiner dans certains cerveaux, auquel cas, cela n'aurait servi à rien.

“ Les nouveaux quartiers avec la fabrication urbaine en Île-de-France vont permettre de mettre en application toutes les réflexions développées lors de ces ateliers prospectifs ”

Mireille FERRI, Conseil régional d'Île-de-France



François Dugeny et Mireille Ferri.

P. Thiot/taunif

## Références bibliographiques

- Cheveigné, Suzanne (2000), *L'environnement dans les journaux télévisés : médiateurs et visions du monde*
- Ademe ; Association des journalistes-écrivains (2005), *La place de l'environnement dans les médias, sondage CSA*
- Ademe (2007), *1997-2007 : l'environnement a-t-il transformé la société ? Troisième rencontres-recherche de l'Ademe*
- IRSN ; Ademe ; Afssa ; Ifen ; Ineris ; Inra ; INVS (2006), *Experts et grand public : quelles perceptions face au risque ? Rapport Irsn/Dsdre/Dos n° 10*

## Les actions régionales en Île-de-France pour lutter contre les contraintes énergétiques et le réchauffement climatique

Paul Cassin, Cyril Brun, François Lacour, Geneviève Danchin et Lucile Mettetal<sup>(1)</sup>

Le Conseil régional d'Île-de-France s'est impliqué depuis quelques années dans un ensemble d'actions et de réflexions pour répondre aux défis du changement climatique et des contraintes énergétiques.

- Actions permanentes menées par ses agences pour l'énergie : Arene<sup>(2)</sup> et l'ARD<sup>(3)</sup> pour le développement des énergies renouvelables.
- Politiques régionales globales et transversales :
  - le développement de la démarche agenda 21 dans laquelle la région s'est inscrite en 2003 ;
  - l'élaboration du schéma régional de développement économique (SRDE) ;
  - la diversification du schéma des formations ;
  - la réflexion autour de la «construction» du futur Sdrif dont le pivot central est le concept de région robuste. Le projet, à l'horizon 2030 souligne que la planification doit appliquer le principe de précaution, anticiper les mutations, limiter l'exposition aux risques, réduire la vulnérabilité de la ville, concilier la performance économique, la cohésion sociale et la protection de l'environnement. Le parti d'aménagement retenu est celui d'une ville compacte, économe en ressources, et tout particulièrement en espace et en énergie<sup>(4)</sup>.
- Enfin, la région intervient par des aides financières et des actions sur son patrimoine.

(1) À partir des textes et des données fournis par Paul Cassin et Cyril Brun, service Air-énergie-bruit, direction de l'environnement, et François Lacour, direction de la construction et de la maintenance des lycées, Conseil régional d'Île-de-France.

(2) <http://www.arenidf.org>

(3) <http://www.paris-region.com/>

(4) <http://www.iledefrance.fr/missions-et-competences/le-conseil-regional/sdrif-et-contrat-de-projets/sdrif-et-contrat-de-projets/>



B. RAOUX / L'ARIF

## Détail des aides financières et actions sur le patrimoine<sup>(5)</sup>

### Les aides de la région sont de plus en plus conditionnées à la qualité environnementale des opérations

#### L'éco-conditionnalité des aides au logement

Soucieuse de favoriser l'efficacité énergétique de l'habitat, la Région Île-de-France conditionne et adapte son soutien financier aux constructions de logements neufs selon des niveaux de performance devenus de plus en plus ambitieux avec le progrès des certifications.

En 1999, la Région conditionne son aide à l'obtention de la certification Qualitel Haute performance énergétique trois étoiles (HPE 3\*), au-delà de la réglementation minimale.

En 2001, une délibération prévoit le versement d'une prime complémentaire aux opérations bénéficiant d'une certification supérieure (HPE 4\* ou confort acoustique<sup>(6)</sup>), et pour prendre en compte le passage à la Réglementation thermique 2000 (RT 2000), le Conseil régional conditionne ses interventions dans le neuf à l'obtention de la certification Qualitel HPE 2000, toujours au-delà de la réglementation minimale. Pour inciter les opérateurs à améliorer leurs prestations, une prime supplémentaire est octroyée à l'obtention de la certification THPE 2000 (Très haute performance énergétique).

En juin 2005, ces exigences s'étendent au logement étudiant par une délibération conditionnant l'aide régionale et la mobilisation de primes supplémentaires aux mêmes niveaux de certifications minimum. À compter du premier janvier 2008, l'aide régionale sera

subordonnée à l'obtention de la certification Qualitel Habitat et environnement, profil A (délibération du 14 décembre 2005).

Dans l'existant, l'intervention régionale est soumise à l'obtention de la nouvelle certification Qualitel Patrimoine Habitat et la perception d'une prime supplémentaire est subordonnée à la mise en œuvre d'une démarche type HQE (Haute qualité environnementale), validée par un certificat Patrimoine habitat et environnement.

#### Les équipements publics

- Dans le Plan piscine adopté le 27 septembre 2007, une des trois conditions pour obtenir l'aide régionale est de respecter les règles de développement durable avec une démarche HQE.

- Dans les contrats régionaux et ruraux, l'aide régionale aux collectivités locales est désormais conditionnée à la présentation d'un document technique, incluant les éléments justifiant de la prise en compte des critères environnementaux et énergétiques.

#### L'éco-conditionnalité et les bâtiments d'activité

L'aide apportée aux pépinières d'entreprise prend en compte la qualité environnementale du bâtiment dans la sélection des projets.

#### Les transports propres

La région apporte son aide aux services réguliers de ligne d'autobus qui doivent répondre à la norme européenne EuroIV, c'est-à-dire au label véhicule propres. Tous les autocars subventionnés par la Région Île-de-

France devront désormais être équipés de divers dispositifs, dont des équipements antipollution.

#### L'éco-mobilité des scolaires et des étudiants

En cofinçant les Plans de déplacement d'établissements scolaires (PDES), la Région poursuit un objectif majeur : amorcer un changement durable des modes de déplacement des élèves et des étudiants. L'objectif est d'aider les collectivités à mettre en place un Plan de déplacement d'établissements scolaires (PDES), pour développer l'usage de la marche à pied et du vélo.

#### Les circulations douces et les réseaux verts

La Région s'est engagée en faveur des modes doux de circulation en cofinçant études et aménagements. Les projets financés doivent permettre d'assurer une meilleure répartition de l'espace public entre les différents usagers, la réduction des encombrements, du bruit et de la pollution atmosphérique, avec l'ambition de constituer un réseau maillé complet. La complémentarité avec les transports en commun, la desserte des établissements scolaires tels que les collèges, les lycées et les universités ; l'aménagement de longs itinéraires régionaux (en particulier le long des voies d'eau), est tout particulièrement visé.

(5) <http://www.iledefrance.fr/aides-regionales/>

(6) Utilisant une source d'énergie renouvelable ou appliquant une démarche haute qualité environnementale (HQE).



## Des actions systématiques sur le patrimoine régional : les lycées<sup>(7)</sup>

La Région est responsable de la construction et de l'entretien des 470 lycées d'Île-de-France, soit du tiers des lycées français. Ce patrimoine constitue un terrain d'application privilégié d'une stratégie de réduction de la consommation énergétique. Avec une surface de six millions de mètres carrés de locaux, ces établissements accueillent 400 000 élèves. Ils consomment soixante-dix kilotonnes équivalent pétrole (Ktep) d'énergie par an, soit l'équivalent de 10 % de la consommation de l'habitat francilien, leur bilan carbone correspondant à une population de 21 000 habitants. Chaque année, environ 60 000 m<sup>2</sup> SHON sont rénovés ou construits. L'action sur ce parc immobilier est devenue de plus en plus ambitieuse.

### La première étape

Depuis 1998, la démarche environnementale<sup>(8)</sup> HQE a progressivement été appliquée aux constructions ou rénovations, d'abord à titre expérimental, puis, à partir de 2004, à toutes les grosses opérations. À ce jour, cinquante opérations environ ont été adoptées avec des objectifs environnementaux spécifiques. Afin de pouvoir mettre en œuvre ces nouvelles exigences, les budgets de ces opérations ont été dotés d'une enveloppe supplémentaire de 7 à 10 %.

### L'évolution depuis 2005

2005 est la date d'apparition de la certification HQE<sup>®</sup>. Sept lycées neufs ont été retenus pour cette démarche qui est en cours à divers stades d'avancement selon les opérations. En même temps, la nouvelle réglementation thermique RT 2005 a été mise en application dans les constructions neuves, et elle est même dépassée dans les opé-

rations à caractère environnemental, avec un objectif de réduction des consommations énergétiques théoriques de 10 % à 20 %, et plus récemment de 50 % sur les programmes neufs adoptés en 2006 (label BBC).

### Les perspectives d'actions

Elles reposent notamment sur la construction de lycées «zéro énergie» et d'internats «basse consommation». En complément, la Région fournit aux lycées une assistance technique pour les aider à adapter leurs contrats, met au point des formations des personnels de maintenance et elle mène des actions de sensibilisation de tous les utilisateurs aux problèmes des économies d'énergie.

## Le plan régional de maîtrise de l'énergie et de développement des énergies locales renouvelables

Le plan régional de maîtrise de l'énergie et de développement des énergies locales renouvelables a été mis en place en deux phases : 2001 et 2006. Le point central de ce plan est la notion de «plans patrimoniaux» ou de «plans locaux» : afin d'éviter la «dissémination» des aides, la Région concentre son appui auprès de gros acteurs comme les collectivités territoriales, les bailleurs sociaux publics et privés qui doivent mener une approche globale de leur patrimoine. Pour aboutir à cette approche globale, la Région

finance également en amont des travaux, les études et les diagnostics. Les initiatives plus locales sont toutefois aidées et depuis le plan de 2006, l'aide régionale s'est élargie plus largement aux particuliers<sup>(9)</sup>.

Dans le contrat de projet sur la période 2007-2013, 97 millions d'euros sont inscrits sur l'ensemble de ces actions en partenariat avec l'Ademe dont 72 millions (75 %) apportés par la Région. Pour sa mise en œuvre, 16 millions ont été inscrits au budget régional 2007 et 18 au budget 2008.

### Objectifs quantitatifs du plan énergie 2006 pour cinq ans

- 35 000 m<sup>2</sup> de panneaux solaires nouveaux chaque année ;
- 30 000 nouveaux logements raccordés aux réseaux de chaleur d'ici 2010 dont, avec le programme «réseau de chaleur incinération» : 10 000 équivalent-logement supplémentaires, et

(7) Communication pour le Conseil régional sur les actions environnementales de développement durable dans les lycées, novembre 2007.

(8) En France, la qualité environnementale des constructions s'est fédérée sous l'égide de l'«association HQE», qui a défini un référentiel structuré par quatre grands thèmes : l'éco-construction, l'éco-gestion, le confort des usagers, la santé et quatorze cibles. Cette base, sur laquelle la Région s'est appuyée depuis le début, s'est vue confirmée par le référentiel de la certification «NF Bâtiments Tertiaires - Démarche HQE<sup>®</sup>» mis en place en 2005 par le CSTB (Centre scientifique et technique du bâtiment).

(9) Les aides aux particuliers favorisent l'installation de chauffe-eau solaire individuel, de système solaire combiné de pompe à chaleur géothermale, de capteurs photovoltaïques. Les dépenses sont subventionnées à 50 % sur un total plafonné.

## Grand projet 7 du Contrat de projet 2007-2013

Millions d'euros	Total	État	Région
Énergies renouvelables	71	17	54
Développement de la filière bois énergie	9	3	6
Efficacité énergétique des bâtiments	17	5	12
<b>Total</b>	<b>97</b>	<b>25</b>	<b>72</b>

Source : Contrat de projet

## Reconstruction du lycée Louis Blériot à Étampes (91) sur un nouveau site

### Données de l'opération

- Lycée d'enseignements général et technologique (570 élèves),
- SHON construite : 11 500 m<sup>2</sup> environ,
- Calendrier : opération adoptée en 2006, programmation achevée, concours d'architecture en cours, livraison en 2012,
- Coût travaux : 17,6 M € HT.

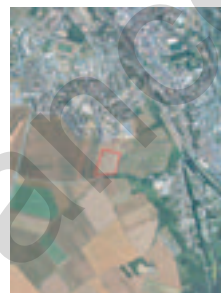
### Gestion de l'énergie

- Lycée : objectif d'obtention du label BBC (Bâtiment basse consommation), soit une consommation théorique à la moitié de la consommation réglementaire (réf RT 2005 - 50 %),
- Logements de fonction : objectif d'obtention du label THPE (Très haute performance énergétique), soit une consommation théorique inférieure de 20 % à la consommation réglementaire (Créf RT 2005 - 20 %),
- Mode constructif libre mais optimisation de l'enveloppe: limitation des déperditions et traitement des ponts thermiques (Ubat réf RT 2005 - 10 % et U global < 0,4 W/m<sup>2</sup>K),
- Approche de la conception bioclimatique par des indicateurs : coefficient de forme pour juger de la compacité, taux et orientations des surfaces vitrées pour juger de la gestion des apports solaires,
- Recommandations visant à la sobriété du bâti (parois, menuiseries, vitrages) et à l'efficacité des équipements (chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation, éclairage, cuisine, bureau-tique, maintenance),
- Ventilation naturelle pour les salles de classe, ventilation mécanique simple flux pour les sanitaires et ventilation mécanique double flux avec récupération d'énergie par échangeur rotatif pour les locaux spécifiques (salle polyvalente, demi-pension...),
- Étude d'approvisionnement énergétique préconisant le recours à une filière locale biomasse : production par la coopérative d'Étampes d'agro-pellets à base de sous-produits agricoles et de bois. Potentiel renouvelable et sans transport mais nécessitant un équipement et une maintenance spécifiques,
- Panneaux solaires thermiques pour le préchauffage de l'eau chaude sanitaire des logements de fonction,

- Production d'électricité solaire photovoltaïque vendue au réseau (environ 250 m<sup>2</sup> de capteurs plans ou équivalent).

### Gestion de l'eau

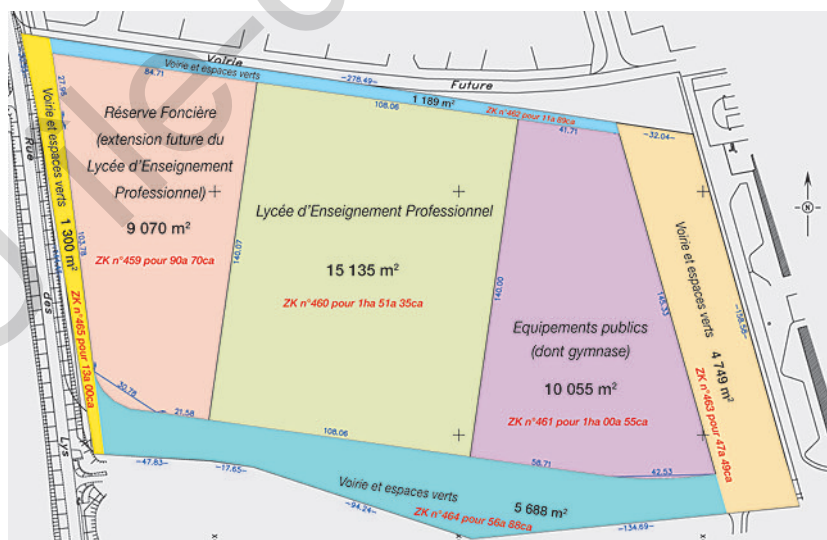
- Optimisation des consommations d'eau potable par des appareils hydro-économiques et des comptages sectorisés,
- Parti paysager favorisant la gestion autonome des eaux pluviales sur le site,
- Étude de phyto-restauration en alternative aux séparateurs à hydrocarbure des eaux de ruissellement des stationnements,
- Collecte des eaux de toiture et stockage pour l'alimentation des W.-C. du lycée et pour l'arrosage et l'entretien des espaces extérieurs,
- Préconisation d'essences végétales ayant de faibles besoins en eau.



IGN, orthophotographie 2003, Visiurif, Aurif

### Biodiversité

- Préconisations selon un diagnostic local à réaliser, compte tenu d'un site inscrit «La Vallée de la Juine» et d'un site rural à proximité d'une ZNIEFF (Zone naturelle d'intérêt écologique, floristique et faunistique.)



Blondeau géomètre expert

avec le programme «valorisation énergétique biogaz» 10 000 équivalent-logement supplémentaires ;

- «bois énergie» : objectif : 300 000 tonnes de bois consommées à la fin 2010 ;
- «électricité verte», objectif : trente installations collectives (éolien, cogénération, photovoltaïque) et cent particuliers (photovoltaïque) ;
- sensibilisation avec la création de nouvelles agences locales de l'énergie et création sous l'égide de l'Arene Île-de-France d'un réseau d'observation de l'énergie et des émissions associées (Rose).

## Le Bilan des actions menées entre juin 2001 et novembre 2007

Pour ce qui concerne les plans patrimoniaux, neuf collectivités locales ou bailleurs sociaux ont signé des plans locaux de maîtrise de l'énergie et de développement des énergies locales et renouvelables pour la réduction de l'effet de serre, comprenant le financement d'études préalables et de travaux, dans le cadre de partenariat associant le Conseil régional et l'Ademe. Ces plans concernent l'équivalent de près de 23 000 logements et doivent permettre d'éviter le rejet de plus de 21 000 tonnes de CO<sub>2</sub> par an dans l'atmosphère. L'engagement financier de la Région sur la période pour l'ensemble de ces plans porte sur 4,34 millions d'euros.

En complément de ces plans, plusieurs autorisations de programme ont été accordées à des collectivités territoriales et à des bailleurs sociaux publics en préfiguration de plans patrimoniaux et locaux sur la base de l'engagement de ces maîtres d'ouvrage.

À ce titre, fin 2004, vingt-trois maîtres d'ouvrage avaient été aidés, pour un total de 3,54 millions d'euros, et un parc de 13 000 équivalent logements, permettant d'éviter l'émission de près

de 11 000 tonnes de CO<sub>2</sub> par an. Leurs plans patrimoniaux sont aujourd'hui en cours d'élaboration.

## Le plan 2006 a donné une nouvelle impulsion

- Déjà cent-vingt études ( diagnostics énergétiques, études de faisabilité d'installations) préalables à la phase travaux ont été financées. Elles ont été effectuées par des maîtres d'ouvrage tels que des syndicats de copropriétaires, des collectivités territoriales et des bailleurs sociaux.
- De premiers travaux ont déjà obtenu des financements au titre de ce nouveau plan : panneaux solaires thermiques, installations solaires photovoltaïques. L'extension des réseaux de chaleur (géothermiques ou raccordés à des usines d'incinération) par le biais des plans pluriannuels, se poursuit : à titre d'exemple, on peut citer l'opération de raccordement d'un réseau au gaz à l'usine d'incinération à Créteil<sup>(10)</sup>.

On peut citer aussi quatre chaufferies bois de puissance allant de 90 kW à 2,2 MW, subventionnées par la Région, qui permettront, une fois en fonctionnement, d'éviter le rejet de 1 850 tonnes de CO<sub>2</sub> par an. Des projets plus ambitieux, notamment des chaufferies reliées à des réseaux de chaleur, devraient voir le jour dans les années à venir.

- Des projets modestes par leur taille, mais intéressants par leur choix technique ont été soutenus, comme l'école zéro énergie de Limeil-Brevannes.
- L'aide aux toitures végétalisées qui n'existait pas dans la délibération précédente commence à être sollicitée, preuve que les différents maîtres d'ouvrages sont maintenant sensibilisés à cette option. La Région a déjà

(10) 8 000 équivalents logements, permettant d'économiser 5 200 tonnes de CO<sub>2</sub> par an.

## Plan patrimonial

Une opération expérimentale de construction d'une pile à combustible dans le XV<sup>e</sup> arrondissement de Paris par l'Opac. Ce programme concerne 5 610 équivalent logements soit 9 % du patrimoine de l'Opac. Il concerne le remplacement des chaudières obsolètes, l'installation de capteurs solaires pour la production d'eau chaude sanitaire, le raccordement au réseau de chauffage urbain (CPCU) et l'installation de cinq centrales de petite cogénération, dont une pile à combustible (opération expérimentale).

- Maître d'ouvrage : Opac de Paris
- Cadre institutionnel : programme européen LIFE.
- Description : Cette pile, alimentée par du gaz naturel depuis le réseau de distribution public, est destinée à produire non seulement de l'électricité avec vente directe à EDF mais aussi de l'énergie thermique récupérable pour le chauffage du groupe immobilier.
- Financement :
  - Coût total : 6,7 millions d'euros ;
  - Région : 1,9 million d'euros ;
  - Programme européen LIFE : 1,56 million d'euros ;
  - Ademe : 0,6 million d'euros.

## Chaufferie à bois de Roissy-en-Brie

- Maître d'ouvrage : SCIC Habitat Île-de-France, désormais OSICA
- Description : chaufferie bois automatisée utilisant 3 100 tonnes de bois alimentant en chauffage et eau chaude sanitaire 633 logements.
- Financement :
  - Coût total : 1,3 million d'euros ;
  - Région : 0,4 million d'euros ;
  - Ademe : 0,3 million d'euros.



# Actions et décisions

aidé une trentaine de projets, représentant une surface de 33 000 m<sup>2</sup> de végétalisation.

- Enfin, l'année 2008 verra l'apparition de deux nouveaux volets dans l'action régionale en faveur des économies d'énergies et du développement des énergies renouvelables : un appel à projet pour des bâtiments à basse consommation (appel à projet Prebat lancé en partenariat avec l'Ademe) et une nouvelle délibération en faveur de la relance de la géothermie profonde en Île-de-France, destinée à aider de nouveaux forages ou à réhabiliter des ouvrages existants.

## Le dispositif d'aide aux particuliers commence à monter en puissance

750 installations individuelles ont pu être aidées par le Conseil régional, dont 34 installations photovoltaïques, 363 chauffe-eau solaires individuels, 277 pompes à chaleur géothermale, 3 toitures végétalisées et 77 systèmes solaires combinés.

## Dernier volet du plan énergie 2006-2010, encourager les économies d'énergie

La mise en oeuvre des mesures des consommations et des dépenses énergétiques est aidée dans le logement social et les bâtiments du tertiaire. Les maîtres d'ouvrage (les collectivités territoriales) sont accompagnés par la Région pour mettre en oeuvre des certificats d'économies d'énergie. Enfin, la Région finance des actions de sensibilisation et d'information, avec notamment le soutien à la création de vingt agences locales de l'énergie. Parmi les partenaires du conseil régional sur ces questions figurent l'Agence régionale de l'environnement et des nouvelles énergies (Arene) et l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe).

## Construction d'une école Zéro énergie à Limeil-Brevannes

- installation d'une pompe à chaleur ;
- panneaux solaires photovoltaïques ;
- système de gestion centralisée du bâtiment ;
- capteurs solaires thermiques ;
- toiture végétalisée ;
- doublage en bois.



B. Krouy/laniff

## Les décisions réglementaires internationales, européennes et nationales

Geneviève Danchin  
Iaurif

### Les réglementations internationales

La gouvernance internationale sur le climat repose sur deux traités internationaux fondamentaux :

#### La convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques

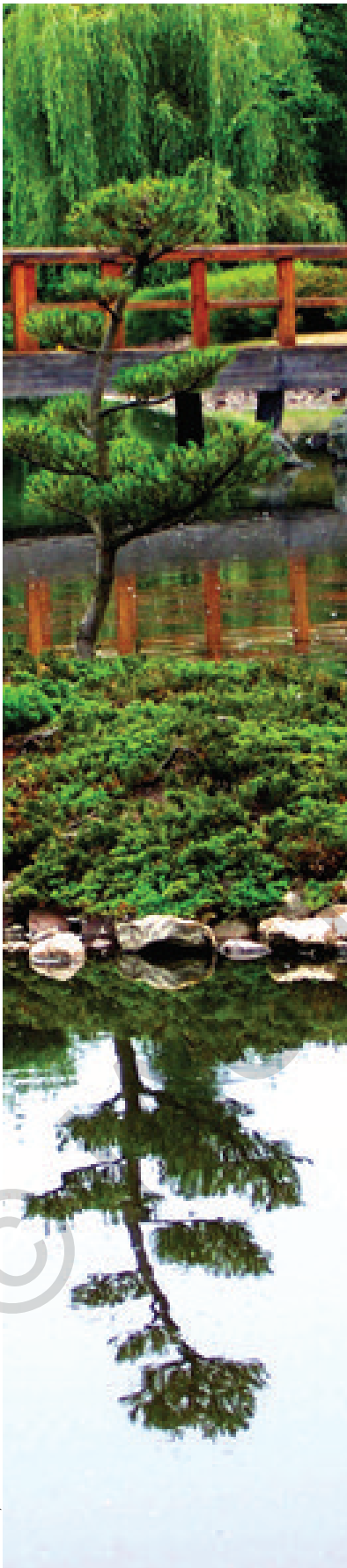
Ouverte à ratification en 1992, la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) est entrée en vigueur le 21 mars 1994. En 2007, 189 pays l'avaient ratifiés, dont les États-Unis et l'Australie. L'objectif de la convention est de stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Les pays signataires se sont collectivement engagés à prendre des mesures de précaution pour prévoir, prévenir ou atténuer les causes des changements climatiques et en limiter les effets néfastes. Pour cela, les pays doivent publier des diagnostics inventoriés de leurs émissions de gaz à effet de serre, puis établir, mettre en œuvre et communiquer sur des programmes nationaux, intégrant des mesures adaptées pour atténuer les changements climatiques.

### Le protocole de Kyoto

Ouvert à ratification en 1998, le protocole de Kyoto est entré en vigueur en février 2005. Plus de 160 pays l'ont ratifié dont 40 pays industrialisés (ni les États-Unis, ni l'Australie). La ratification du protocole par la communauté européenne, le 16 février 2005, rend obligatoire la ratification par ses futurs adhérents. En France, l'entrée en vigueur du protocole s'est traduite par le décret n° 2005-295, en date du 22 mars 2005. Le protocole de Kyoto fixe un calendrier de réduction de 5,2 % d'ici 2012 (1990-2012) des six gaz à effet de serre considérés comme les plus dangereux pour le réchauffement climatique. Afin d'asseoir les débats sur une base scientifique solide et indépendante, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec) a été créé en 1988.

Au regard de l'ambition des engagements souscrits par les pays développés, le protocole de Kyoto a mis en place trois mécanismes dits «de flexibilité», en complément des politiques et mesures obligatoires sur le plan national :

- le mécanisme des permis négociables. Il s'agit d'un système de marchés de permis d'émission, mis en place au niveau étatique, ou dans le cadre d'entreprises et de groupes d'entreprises. En 2005, un système européen d'échanges de permis a vu le jour ;



Dorota Wilkin/Stock.xcn

- le mécanisme de développement propre (MDP). Ce mécanisme génère des crédits d'émissions sur la base de projets d'investissements réalisés par des pays développés dans des pays en développement. La Chine et l'Inde sont les deux principaux vendeurs, l'Afrique générant moins de 3 % des crédits vendus ;
- la mise en œuvre conjointe (Moc) concerne les projets industriels ou forestiers visant à lutter contre l'effet de serre et ont été lancés tout particulièrement par la Russie et les pays d'Europe centrale et orientale. Ces projets permettent de générer des crédits d'émission de gaz utilisables par les investisseurs.

## Les décisions de la Commission européenne

### Le programme européen de lutte contre le changement climatique

Afin d'atteindre les réductions des émissions fixées par le protocole de Kyoto, la Commission européenne a lancé un programme européen de lutte contre le changement climatique (PECC) au mois de mars 2000. Le programme identifie les mesures adaptées pour réduire les émissions, dont plus d'une trentaine ont été mises en œuvre<sup>(1)</sup>.

### Le système d'échange des droits d'émission

Mis en place le 1<sup>er</sup> janvier 2005, le système d'échange des droits d'émission constitue la pierre angulaire de la politique de l'Union européenne en matière de changement climatique. Ce système cherche, grâce à une incitation financière ciblée, à réduire les émissions, et veille à ce que les quotas d'émission trouvent preneurs. En outre, le programme prévoit des mesures complémentaires visant à améliorer le rendement énergétique

### Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec)\*

Le Giec a publié quatre rapports d'évaluation (1990-1995-2001-2007) dressant un constat de plus en plus précis et alarmant sur les conséquences de l'activité humaine sur l'effet de serre. Le rapport de 2007 conclut que l'essentiel de l'accroissement constaté de la température moyenne atmosphérique planétaire depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle est «très vraisemblablement» dû à l'augmentation observée des gaz à effet de serre émis par l'Homme, avec un taux de certitude supérieur à 90 % (66 % en 2001).

Après six années de travail, auxquelles ont participé plus de 2 500 scientifiques internationaux, le rapport de synthèse du quatrième rapport du GIEC a été validé lors d'une réunion plénière à Valence en Espagne, en novembre 2007. Il fait suite à la publication, durant l'année 2007, des rapports de ses trois groupes de travail\*\*. Les travaux livrant les derniers enseignements scientifiques concernent les conséquences du changement climatique en matière d'adaptation et de développement durable. Le rapport fournit également des observations plus fines et plus approfondies sur les différents aspects régionaux du changement climatiques. Il devient ainsi l'ouvrage essentiel de référence scientifique sur le changement climatique pour les décideurs politiques et alimentera les négociations de la treizième conférence des parties à Bali au mois de décembre 2007, notamment celles portant sur le débat du futur régime multilatéral post 2012.

\* Source : Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables.

\*\* Le premier groupe de travail traite des bases scientifiques et physiques, le deuxième, des impacts, de l'adaptation et de la vulnérabilité, et le troisième des mesures à mettre en place pour atténuer les changements climatiques.

des voitures et l'efficacité énergétique des bâtiments, et à augmenter l'utilisation des sources d'énergies renouvelables.

### Le renforcement du programme européen de lutte contre le changement climatique

Dans une seconde phase du programme, il fut décidé, en octobre 2005, de renforcer le système d'échange des droits d'émission de l'Union européenne, réduire les émissions de l'aviation et du transport routier de passagers, développer la technologie de capture et de stockage du CO<sub>2</sub> et identifier des mesures d'adaptation aux effets inéluctables du changement climatique.

L'Union européenne s'est engagée à réduire ses émissions de gaz à effet de serre d'au moins 20 % d'ici 2020 (par rapport aux niveaux de 1990). Elle s'engage même à les réduire de 30 % si les autres pays industrialisés four-

nissent un effort similaire et si les pays en développement prennent des mesures.

### Le Livre vert : adaptation au changement climatique en Europe, les possibilités d'action de l'union européenne<sup>(2)</sup>

Face aux inégalités d'impact du changement climatique sur les régions européennes, le Livre vert, publié le 29 juin 2007, invite tous les acteurs (citoyens européens, ONG, associations, autorités publiques...) à participer activement au processus d'adaptation au changement climatique.

### Le plan stratégique européen pour les technologies énergétiques (plan Set)

La Commission propose de lancer dès l'année 2008, par ce plan en date du 22 novembre 2007, de nouvelles

(1) Cf. le site : [ec.europa.eu](http://ec.europa.eu)

(2) Cf. le site : [www.touteleurope.fr](http://www.touteleurope.fr)



initiatives industrielles prioritaires dans six domaines :

- l'énergie éolienne, axée sur la validation et la démonstration de grandes turbines et de grands systèmes ;
- l'énergie solaire, axée sur la démonstration à grande échelle dans le domaine de l'électricité photovoltaïque et de l'énergie solaire concentrée ;
- la bioénergie, axée sur les biocarburants de la prochaine génération ;
- le piégeage, le transport et le stockage du CO<sub>2</sub> ;
- le réseau électrique, axé sur le développement du système électrique intelligent ;
- la fission nucléaire durable, axée sur le développement des technologies de la quatrième génération (Gen-IV).

## Les principales décisions nationales

### Le programme national de lutte contre le changement climatique

Décidé en 2000, l'objectif du programme national de lutte contre le changement climatique (PNLCC) est de permettre à la France de respecter l'objectif défini par le protocole de Kyoto en 1997, c'est-à-dire de réduire ses émissions de seize millions de tonnes d'équivalent carbone à l'échéance 2010<sup>(3)</sup>.

### Le Plan climat

Le Plan climat (septembre 2004) est le plan d'actions français qui permettra de respecter l'objectif du protocole de Kyoto à l'horizon 2010, voire même de le dépasser. Les mesures concernent les secteurs de l'économie et de la vie quotidienne, en vue d'économiser 54 millions de tonnes d'équivalent carbone par an. L'atteinte de cet objectif infléchirait significativement la tendance et permettrait de s'inscrire dans une vision à plus

long terme, c'est-à-dire la division par quatre ou cinq des émissions d'ici 2050.

### Le plan national d'allocation des quotas d'émissions (PNAQ) a été décidé en 2004, en application des directives européennes :

- Pour la période 2005-2007, un premier plan national d'affectation des quotas d'émission de carbone (PNAQ 1) a été approuvé par la Commission européenne le 17 décembre 2004 ;
- pour la période 2008-2012, un deuxième plan a été notifié à la Commission européenne le 29 décembre 2006. Il a été adopté le 26 mars 2007 après consultation du public.

### Le décret n° 2005-295 :

#### le Facteur 4

La France, le 22 mars 2005, a confirmé son engagement d'aller plus loin que les objectifs de Kyoto, en proposant de diviser par quatre ses émissions de CO<sub>2</sub> d'ici 2050, pour lutter contre le réchauffement de la planète.

## Outils et aides de l'État\*

L'agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe\*\*) est un organisme créé par l'État pour impulser et appuyer les politiques nationales en matière d'énergie et d'environnement. L'Ademe apporte de l'information, une expertise technique et, pour les collectivités et entreprises, une aide financière à la décision ou à l'investissement dans le domaine de l'utilisation rationnelle de l'énergie et des énergies renouvelables :

- aides de l'Ademe à l'utilisation rationnelle de l'énergie\*\*\* ;
- aides et actions de l'Ademe aux énergies renouvelables\*\*\*\*.

Les mesures fiscales décidées en 2006 sont les suivantes :

- crédits d'impôt pour le logement et les véhicules propres\*\*\*\*\* :  
l'étiquette énergie pour les véhicules et les logements ;
- les tarifs de rachat de l'électricité d'origine renouvelable.

En Île-de-France, les aides financières de l'Ademe complètent celles du conseil régional prévues dans le cadre de la délibération « maîtrise de l'énergie et développement des énergies renouvelables pour la réduction de l'effet de serre ».

\* Source : Arene <http://www.areneidf.org/energies/energieidf.html#contexte>

\*\* [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

\*\*\* [www.ademe.fr/entreprises/energie/themes/aides/Default.asp](http://www.ademe.fr/entreprises/energie/themes/aides/Default.asp)

\*\*\*\* <http://194.117.223.129/servlet/KBBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=12615>

\*\*\*\*\* [w.industrie.gouv.fr/energie/developp/econo/f1e\\_eco.htm](http://w.industrie.gouv.fr/energie/developp/econo/f1e_eco.htm)

### La loi POPE (Loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 fixant la programmation des orientations de la politique énergétique française)

Elle fixe quatre grands objectifs de politique énergétique française et les moyens à mettre en œuvre pour y parvenir :

- contribuer à l'indépendance énergétique nationale et garantir la sécurité d'approvisionnement ;
- assurer un prix compétitif de l'énergie ;
- préserver la santé humaine et l'environnement, en particulier en luttant contre l'aggravation de l'effet de serre ;
- garantir la cohésion sociale et territoriale en assurant l'accès de tous à l'énergie.

Pour atteindre ces objectifs, quatre axes majeurs ont été définis :

- Maîtriser la demande d'énergie ;
- diversifier le bouquet énergétique ;
- développer la recherche et l'innovation dans le secteur de l'énergie ;
- assurer des moyens de transport et de stockage adaptés aux besoins.

# Actions et décisions

## Le renforcement du Plan climat 2004-2012<sup>(4)</sup>

Le 13 novembre 2006, de nouvelles actions ont renforcé le Plan climat initial. Elles ont été motivées par le renforcement de la dynamique déjà entreprise et pour sécuriser l'atteinte de l'objectif du Protocole de Kyoto. Les priorités d'actions concernent le bâtiment et les transports, dont les émissions ont antérieurement augmenté.

En 2006, divers textes officiels ont précisé l'organisation de la mise en œuvre de la directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments :

- la réglementation thermique 2005. Décret n° 2006-592, 24 mai 2006 ;
- le diagnostic de performance énergétique et à l'état de l'installation intérieure de gaz dans certains bâtiments. Décret n° 2006-1147, 14 septembre 2006 ;
- les caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments. Arrêté du 24 mai 2006.
- le diagnostic de performance énergétique, guide à l'usage du diagnostiqueur. V1, septembre 2006.

## Le Plan climat de Paris<sup>(5)</sup> : à titre d'exemple pour une application communale

La Ville de Paris s'engage sur une démarche de Facteur 4 afin de réduire l'ensemble des émissions de son territoire et de ses activités propres de 75 % en 2050 par rapport à 2004.

À titre d'exemplarité, la Ville de Paris a le souhait d'être très performante dans le cadre de ses compétences, avec les objectifs suivants :

- 30 % de réduction de ses propres émissions en 2020 par rapport à 2004 ;

- 30 % de réduction des consommations énergétiques du parc municipal et de l'éclairage public ;

- 30 % de sa consommation énergétique provenant des énergies renouvelables.

Pour ce qui concerne l'ensemble du territoire, le Plan Climat de Paris entend dépasser les objectifs européens. Il se fixe d'atteindre à l'horizon 2020 :

- 25 % de réduction des émissions du territoire ;

- 25 % de réduction énergétique des consommations du territoire ;

- 25 % de consommation énergétique du territoire provenant des énergies renouvelables.

(3) Source : Réseau action climat France (RACF).

(4) Source : Mission interministérielle de l'effet de serre (MIES).

(5) <http://www.paris.fr/portail/Environnement>



## TEXTES DE RÉFÉRENCE

Mesures réglementaires et réflexions internationales et nationales pour lutter contre le changement climatique et ses effets.

### INTERNATIONAUX

- Commission des Communautés européennes, *Livre vert : adaptation au changement climatique en Europe, les possibilités d'action de l'Union européenne*, 29 juin 2007
- Giec, *Bilan 2007 des changements climatiques : synthèse du quatrième rapport, Résumé à l'intention des décideurs*, Novembre 2007
- Sénat ; De Montesquiou, Aymeri, *Rapport d'information n° 259 fait au nom de la délégation pour l'Union européenne sur la politique européenne de l'énergie*, 15 mars 2006
- Protocole de Kyoto à la convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, adopté le 11 décembre 1997, entrée en vigueur le 16 février 2005

### NATIONAUX

- Assemblée Nationale ; Le Déaut, Jean-Yves ; Kosciusko-Morizet, Nathalie, *Rapport n° 3021 au nom de la mission d'information sur l'effet de serre (tome 1 : rapport - tome 2 : auditions)*, 12 avril 2006
- Assemblée Nationale ; Sénat, *Loi n° 2005-781 de programme fixant les orientations de la politique énergétique*, 13 juillet 2005
- Ministère de l'Écologie et du Développement durable ; Blanc, Patricia ; Rossinot, Philippe ; Pouliquen, Hervé ; Burin des Roziers, Emeric, *Lutter contre les changements climatiques et maîtriser la demande d'énergie, Rapport du groupe 1 du Grenelle de l'environnement*, 16 octobre 2007
- Ministère de l'Écologie et du Développement durable, *Mission interministérielle de l'effet de serre, Plans climat territoriaux : des territoires en action, 21 collectivités engagées dans la relève du défi climatique, Premier recueil d'expériences*, 2007



- Ministère de l'Écologie et du Développement durable, *Mission interministérielle de l'effet de serre, Actualisation 2006 du Plan Climat 2004-2012 : face au changement climatique, agissons ensemble*, 13 novembre 2006
- Ministère de l'Écologie et du Développement durable, *Mission interministérielle de l'effet de serre, Programme National de Lutte contre le Changement Climatique (PNLCC)*, Janvier 2000
- Sénat, *Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques ; Laffitte, Pierre ; Saunier, Claude, Rapport n° 426 sur les apports de la science et de la technologie au développement durable - tome 1 : changement climatique et transition énergétique : dépasser la crise*, 27 juin 2006
- Sénat, *Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques ; Deneux, Marcel, Rapport n° 224 sur l'évaluation de l'ampleur des changements climatiques, de leurs causes et de leur impact prévisible sur la géographie de la France à l'horizon 2025, 2050, 2100*, 13 février 2002

### RÉGIONAUX

- Conseil régional d'Île-de-France, *Rapport de la délibération n° CR44-06 : plan régional pour la maîtrise de l'énergie, le développement des énergies locales et renouvelables et la*



- réduction de l'effet de serre dans l'habitat et le tertiaire*, 17 mai 2006
- Ville de Paris, *Quel temps fait-on demain ?*, Plan parisien de lutte contre le dérèglement climatique, 1<sup>er</sup> octobre 2007

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES PAR THÉMATIQUE

### LES RISQUES ÉNERGÉTIQUES ET LES ENJEUX LIÉS AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

- Académie des technologies ; École Polytechnique, *Communication à l'Académie des technologies : prospective sur l'énergie au XXI<sup>e</sup> siècle*, 17 février 2004
- Ademe ; Etd, *Les notes de l'observatoire, Les politiques énergétiques territoriales*, Juin 2006
- Bal, Jean-Louis ; Chabot, Bernard, *Défis énergétiques et climatiques. Futuribles n° 315*, Janvier 2006
- Centre d'analyse stratégique ; Syrota, Jean (prés.), *Perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020-2050, Rapport de synthèse*, Septembre 2007
- Datar ; Mirabaud, Pierre (dir.), *Changement climatique, énergie et développement durable des territoires, Territoires 2030 n° 2005/2*, Décembre 2005
- Dessus, Benjamin ; Gassin, Hélène, *So watt! L'énergie : une affaire de citoyens*, Décembre 2004
- Futuribles ; Lamblin, Véronique, *Bibliographie prospective*, 2006
- laurif ; Dreif ; Stif, *Sdrif - Transport et énergie en Île-de-France, Contribution du sous-groupe «Énergie» et du groupe «Mobilité et transports»*, Rapport de synthèse, Août 2006
- Ministère de l'Écologie et du Développement durable ; ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, direction générale de l'énergie et des matières premières, *Projet de rapport du Groupe de travail «Facteur 4» - version 2.9.*, 27 juin 2006
- Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, Direction générale de l'énergie et des matières premières ; Paquel, Véronique, *L'énergie dans les régions 1990-2002*, 2006
- Radanne, Pierre, *Énergies de ton siècle ! Des crises à la mutation*, 2005
- Sénat ; Belot, Claude ; Juilhard, Jean-Marc, *Rapport n° 436 fait au nom de la délégation du Sénat à l'aménagement et au développement durable du territoire sur les énergies locales, sur les énergies renouvelables et développement local : l'intelligence territoriale en action*, 28 juin 2006
- Sénat ; Kergueris, Joseph ; Saunier, Claude, *Rapport d'information n° 105 fait au nom de la délégation du Sénat pour la planification sur les perspectives d'évolution du prix des hydrocarbures à moyen et long terme*, 24 novembre 2005

### HABITAT ET BÂTIMENTS TERTIAIRES FACE AUX ENJEUX ÉNERGÉTIQUES

- Ademe, *Les chiffres clés du bâtiment énergie et environnement*, 2005
- Ademe, *Plan climat, chapitre 3 : «bâtiment et éco-habitat»*, 2004
- Ademe ; Arene, *État de l'énergie en Île-de-France*, Janvier 2002
- Anah, *OPAH Développement durable, Cahiers de l'Anah n° 115*, Décembre 2005
- Arene, *Habitat social et développement durable, Guide méthodologique pour le renouvellement urbain*, Novembre 2005
- Arene, *Les enjeux HQE en Île-de-France à l'horizon 2010*, Février 2005
- Arene ; Ademe, *Instruments économiques et construction durable : quels nouveaux outils à l'horizon 2010 ? Quelles déclinaisons opérationnelles à court terme ?* Compte-rendu de la table ronde du 17 novembre 2004
- CNRS-EcODEV ; Traisnel, Jean-Pierre, *Habitat et développement durable, étude rétrospective et prospective, rapport de recherche*, Décembre 2000
- CNRS-IHMC ; Traisnel, Jean-Pierre, *Matériaux d'enveloppe et environnement : verre, métal et bois (XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles)*, in «Les matériaux de la ville : du bois au béton», Cahier d'Études n° 8, 1998
- Conseil général des Ponts et Chaussées ; Parent, Christian, *Groupe de travail «Facteur 4», bâtiments et gaz à effet de serre*, 13 décembre 2005
- CSTB ; Groupe Moniteur, *Rendez-vous du CSTB «Vers des bâtiments à énergie positive»*, 28 septembre 2006
- CSTB ; Puca ; Ademe, *PREBAT : comparaison internationale bâtiment et énergie*, Septembre 2006
- Grosmesnil, Odile, *Consommation d'énergie à usage domestique depuis 40 ans*, Insee Première n° 845, Mai 2002
- Hérant, Pierre, *Une stratégie gagnant-gagnant pour les professions du bâtiment*, La revue des Climaticiens n° 842-843, Juillet-octobre 2006
- Hérant, Pierre, *Efficacité énergétique des bâtiments. Les nouveaux défis*, La lettre de l'Ademe n° 97, Juin-juillet 2004
- laurif ; Delaporte, Carole, *L'évolution et le devenir du parc de grandes surfaces in «Immobilier d'entreprise : nouvelle géographie, nouvelles stratégies»*, Cahiers de l'laurif n° 145, Octobre 2006
- laurif ; Leroi, Pascale, *Immobilier d'entreprise : un marché d'avenir pour la construction durable (HQE) in «Immobilier d'entreprise : nouvelle géographie, nouvelles stratégies»*, Cahiers de l'laurif n° 145, Octobre 2006
- laurif ; Conseil régional d'Île-de-France ; De Viviès, Jérôme ; Gandais, Loïc, *La politique régionale du logement en Île-de-France*, Cahiers de l'laurif supplément habitat n° 41, Octobre 2006
- laurif ; Lacoste, Gérard, *Construction, étalement urbain et pénurie foncière : au-delà des idées reçues*, Cahiers de l'laurif supplément habitat n° 40, Février 2006
- laurif ; Leroi, Pascale ; Saigault, Jean-François ; Diziain, Renaud, *Construction de haute qualité environnementale : l'implication des régions*, 2005
- laurif ; Diziain, Renaud, *De l'expansion au renouvellement du parc de bureaux*

francilien. *Le grand chantier des réhabilitations*, 2004

- Iaurif ; Insee Île-de-France ; Dreif, Guillouet ; Jean-Jacques ; Omalek, Laure ; Laroche, Nadine ; Wernert, Isabelle, *Les conditions de logement en Île-de-France en 2002*, 2004
- Iaurif ; Insee, *Atlas des Franciliens (tome 2 : logement)*, 2001
- Ministère de l'Emploi, de la Cohésion sociale et du Logement, *Décret n° 2006-1147 : diagnostic de performance énergétique et à l'état de l'installation intérieure de gaz dans certains bâtiments*, 14 septembre 2006
- Ministère de l'Emploi, de la Cohésion sociale et du Logement, *Décret n° 2006-592 : caractéristiques thermiques et performance énergétique des constructions (RT 2005)*, 24 mai 2006
- Orié, Bouvier, Christian, *Colloque : quel immobilier de bureaux en Île-de-France à l'horizon 2015 ?*, 17 janvier 2006
- Pelletier, Philippe, *L'Anah une agence mobilisée pour répondre aux grands enjeux du parc privé de logements*, Administration n° 211, Septembre 2006
- Puca, *Programme quartiers durables. Des réalisations en Europe, des initiatives en France*, Premier plan n° 12, Octobre-décembre 2006
- Puca, *Synthèse des séminaires de travail «Villa Urbaine Durable»*, Juillet 2006

- Puca ; Plaine Commune ; Molinier, Anne, *Démarche expérimentale Habitat contemporain HQE*, Novembre 2005
- Puca ; Cresge ; Wallez, Paul, *Haute qualité environnementale, vecteur du développement durable*, Avril 2005
- Puca ; Gueyffier, Marie-France, *Objectifs et méthodes de la recherche et de l'expérimentation dans le champ de la construction*, Janvier 2005
- Puca ; Garin-Ferraz, Ghislaine ; Goudet, Françoise, *Questions à propos du développement durable*, Recherches n° 147, 2003
- Puca, *Villa urbaine durable et réglementation thermique 2000*
- SESP ; Plateau, Claire, *Vingt ans de dépenses de logement*, 2006
- Traisnel, Jean-Pierre, *Les forces contrariées entre le centre et la périphérie : quelle mesure environnementale ?* in : A. Berque, Ph. Bonnin, C. Ghorra-Gobin, *La ville insoutenable*, 2006
- Traisnel, Jean-Pierre, *Habitat et développement durable, les perspectives offertes par les énergies renouvelables*, Cahiers du CLIP n° 16, Septembre 2004
- Traisnel, Jean-Pierre, *Habitat et développement durable, étude rétrospective et prospective*, Cahiers du CLIP n° 13, Mai 2001
- Traisnel, Jean-Pierre ; Peuportier, Bruno, *Analyse comparative de morphologies urbaines par simulation de cycles de vie du bâtiment et de la voirie*, in : Mangin

- J.-C., Miramond M., éd., *Deuxième conférence internationale sur l'aide à la décision dans le domaine Génie Civil et Urbain*, Lyon, 20-22 novembre 2000
- Traisnel, Jean-Pierre ; Merlin, Pierre, *Énergie, environnement et urbanisme durable*, 1996
- Union sociale pour l'habitat, *Contribution pour une approche commune des organismes de logement social en matière de développement durable*, Congrès de Bordeaux, 19, 20 et 21 septembre 2006

## LES TRANSPORTS FRANCILIENS DE PERSONNES FACE AUX ENJEUX ÉNERGÉTIQUES

### Ouvrages généraux

- Cochet, Yves, *Pétrole apocalypse*, 2005
- Jancovici, Jean-Marc, *L'avenir climatique : quel temps ferons-nous ?*, Mars 2002
- Jancovici, Jean-Marc ; Grandjean, Alain, *La solution au problème de l'énergie*, 2006
- Lefevre-Balleydier, Anne, *L'après-pétrole. Lorsque les puits seront à sec*, 2006
- Roby, François, *Vers la voiture sans pétrole ?*, 2006
- Wingert, Jean-Luc, *La vie après le pétrole : de la pénurie aux énergies nouvelles*, 2005

### Données et études internationales

- Académie des technologies ; École Polytechnique, *Communication à l'académie des technologies. Prospective sur l'énergie au XXI<sup>e</sup> siècle*, Décembre 2004
- Bauquis, Pierre-René, *Quelles énergies pour les transports au XXI<sup>e</sup> siècle ?*, Février 2006
- Concawe; Eucar ; European Commission, *Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the european context, rapport de synthèse*, Mai 2006
- International energy agency, *Manuel sur les statistiques de l'énergie*, 2005
- International energy agency, *Key world energy statistics*, 2006



C. Douire / BoSoH / Iaurif

# Bibliographie

- International energy agency, *World energy outlook*, 2006
  - International energy agency, *Saving oil in a hurry*, 2005
  - International energy agency, *Biofuels for transport*, 2004
- ## Données et études nationales
- Ademe ; Morcheoine, Alain, *Transports, énergie, environnement : le défi*, 2000
  - Ademe ; Morcheoine, Alain, *Les transports au XXI<sup>e</sup> siècle*, Rencontre internationale de prospective du Sénat, 8 avril 2004
  - Ademe ; ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, direction générale de l'énergie et des matières premières ; Roy, Claude, *Coordination de la valorisation de la biomasse*, Note stratégique (version n° 2), 29 août 2005
  - Certu ; Guidez, Jean-Marie ; Kaufman, Vincent, *Les citoyens face à l'automobile*, 1998
  - Certu ; Guidez, Jean-Marie, *La mobilité urbaine en France : les années 90*, Août 2002
  - Comité des constructeurs français d'automobiles, *Automobile et mobilité durable* (2004), *Émissions de CO<sub>2</sub>, Les transports routiers mobilisés* (2006), *Des progrès pour l'environnement* (2001), *Gaz carbonique et effet de serre, automobile et déplacements*
  - Commission interministérielle pour les véhicules propres et économes ; Douaud, André ; Gruson, Jean-François, *Recommandations pour un développement durable des biocarburants en France*, 15 janvier 2006
  - Conseil général des Mines ; Inspection générale des finances ; Conseil général du génie rural des eaux et forêts, *Rapport sur l'optimisation du dispositif de soutien à la filière biocarburants*, 20 septembre 2005
  - Diact ; Philibert, Cédric, *Transports, énergies et Facteur 4*, Territoires 2030 n° 2/2005, Décembre 2005
  - Enerdata ; Lepii ; ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, direction générale de l'énergie et des matières premières, *Étude pour une prospective énergétique concernant la France. Rapport final*, Février 2006
  - Institut français du pétrole, *Les réserves de pétrole, Où en est-on ?*, Juin 2006
  - Institut français du pétrole ; Appert, Olivier ; Pinchon, Philippe, *Quelles énergies dans les transports de demain ?*, Les réponses de l'IFP, 21 novembre 2006
  - Institut français du pétrole, *Tout savoir sur les biocarburants*, Octobre 2006
  - Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité ; Hivert, Laurent, *Hausse du prix du pétrole. Quels impacts sur les comportements ?*, Axes n° 11, Novembre 2005
  - Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité ; Hivert, Laurent, *Fortes hausses du prix des carburants. Quelles évolutions de comportements ?*, Club Mobilité du Certu Lyon, 30 mai 2006
  - Ministère de l'Écologie et du Développement durable ; Radanne, Pierre, *La division par 4 des émissions de dioxyde de carbone en France d'ici 2050*, Juin 2004
  - Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, direction générale de l'énergie et des matières premières, *L'énergie en France*, Repères, 2006
  - Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, direction générale de l'énergie et des matières premières, *L'industrie pétrolière en 2005*, 2006
  - Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, direction générale de l'énergie et des matières premières, *Division par quatre des émissions de gaz à effet de serre de la France à l'horizon 2050*, Rapport du groupe de travail Facteur 4, Août 2006
  - Ministère de l'Équipement ; Conseil général des Ponts et chaussées ; Gressier, Claude (dir.), *Démarche prospective transports 2050, Éléments de réflexion*, Mars 2006
  - Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer ; Ademe, *La ville à portée de main. Centre Ville en Mouvement*, Actes de la rencontre du 5 décembre 2005
  - Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer, Centre de prospective et de veille scientifique ; Crozet, Yves ; Orfeuil, Jean-Pierre ; Massot, Marie-Hélène, *Mobilité urbaine : 5 scénarios pour un débat*, Note CPVS n° 16, 2001
  - Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer ; Hermilly, Jocelyne, *Transport et émissions de gaz carbonique : un bilan depuis 1960*, Notes du SESP, Septembre-octobre 2003
  - Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques ; Cabal, Christian ; Gatignol, Claude, *Rapport sur la définition et les implications du concept de voiture propre*, 14 décembre 2005
  - Predit ; Dupuy, Gabriel, *La dépendance à l'égard de l'automobile*, Septembre 2006
  - Predit ; RACF, Louchart, Olivier, *Groupe de travail n° 7 : impacts énergétiques et environnementaux des transports (évaluation des politiques publiques territoriales au regard des changements climatiques, émissions CO<sub>2</sub> dans les transports)*, Synthèse, Décembre 2005
  - Price Water House Coopers, *Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants en France*, Note de synthèse, Décembre 2002
  - Prost, Alain, *Rapport du groupe de travail sur le soutien au développement de la filière E85*, Septembre 2006
  - RACF, *Transports et changements climatiques : un carrefour à haut risque*, Avril 2004
  - Union routière de France ; Orfeuil, Jean-Pierre, *Transports, effet de serre et changement climatique : les termes des débats*, Juillet 2004
  - Union routière de France ; Orfeuil, Jean-Pierre, *Effet de serre : quelles réponses des transports ?*, Conférence à l'Assemblée générale de l'URF, 5 mai 2004
  - Université de Paris XII, Institut d'urbanisme de Paris ; Orfeuil, Jean-Pierre ; Massot, Marie-Hélène, *La mobilité individuelle dans 20 ans*, Séminaire au Sénat, Janvier 2003



## Données et études relatives à l'Île-de-France

- Arene ; Ademe Île-de-France, *Tableau de bord de l'énergie en Île-de-France, Évolution 1990-2002 des consommations et productions d'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub> associées*, Octobre 2006
- Crif ; CESR ; Laurif ; Dreif ; Stif, *Mobilité et transports en Île-de-France, État des lieux*, Octobre 2005
- Dreif, *Les Cahiers de l'enquête Globale de Transport (EGT 2001-2002)*
- Dreif, *Motorisation et usage de l'automobile en Île-de-France*, Juillet 2005
- Dreif, *Les déplacements des franciliens en 2001-2002*, Août 2004
- Insee Île-de-France, *L'impact des changements démographiques sur la mobilité régionale*, Janvier 2005
- Laurif, *Les déplacements de fin de semaine*, Décembre 2006
- Laurif ; Dreif ; Stif, *Évolution à moyen terme de la mobilité en Île-de-France*, Septembre 2006
- Laurif ; Dreif ; Stif, *Transports et énergie en Île-de-France*, Rapport de synthèse, Août 2006
- Laurif, *Les déplacements pour achats*, Juillet 2006
- Laurif ; Servant, Louis, *La consommation énergétique des transports franciliens*, Note rapide de l'aurif n° 400, Novembre 2005
- Laurif ; Servant, Louis, *Pollution atmosphérique, effet de serre et circulation routière en Île-de-France : des améliorations notables, des efforts à poursuivre*, Note rapide de l'aurif n° 402, Novembre 2005
- Laurif, *L'impact des modes de vie sur les déplacements*, Avril 2005
- Laurif, *Répartition géographique des déplacements : une nouvelle approche*, Janvier 2005
- Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité ; Centre d'études et de recherches économiques sur l'énergie ; Hivert, Laurent ; Lecouvey, François, *L'incidence de l'étalement urbain sur les émissions de CO<sub>2</sub> dans la région d'Île-de-France et l'arrondissement de Lille*, Mars 2006



- Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité ; Massot, Marie-Hélène ; Armoogum, Jimmy ; Hivert, Laurent, *PARI 21 : étude de faisabilité d'un système de transport radicalement différent pour la zone dense francilienne*, Mars 2002
- Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité ; Polacchini, Anarita ; Orfeuill, Jean-Pierre, *Dépenses pour le logement et pour les transports en Île-de-France*, Janvier 1998
- Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, direction générale de l'énergie et des matières premières, *L'énergie dans les régions*, 2006
- RATP, *Énergie et transport, Le défi de l'Île-de-France*, 17 janvier 2006
- RATP, *Le profil des déplacements journaliers en transports en commun et voiture particulière*, Janvier 2005
- Stif, *Compte des déplacements de voyageurs en Île-de-France pour l'année 2003*, Décembre 2005
- Stif, *Les déplacements en transports collectifs en Île-de-France*, Juin 2005
- Bourg, Dominique, *Le nouvel âge de l'écologie*, 2003
- Documentation française, *L'économie de l'environnement*, Problèmes économiques n° 2863, 24 novembre 2004
- Duval, Guillaume, *Climat : on en parle (beaucoup) mais on ne fait (presque) rien*, Alternatives économiques n° 253, Décembre 2006
- Duval, Guillaume ; Chevallier, Marc, *Effet de serre : Kyoto ne suffira pas*, Alternatives économiques n° 233, Février 2005

## Production et consommation d'énergie, impact environnemental

- Airparif, *Analyse de l'inventaire et du cadastre des émissions des principaux gaz à effet de serre en Île-de-France*, Septembre 2005
- Bourg, Dominique ; Buclet, Nicolas, *L'économie de fonctionnalité, changer la consommation dans le sens du développement durable*, Futuribles n° 313, Novembre 2005
- Chevallier, Marc ; Duval, Guillaume ; De Ravignan, Antoine, *Europe : le défi énergétique*, Alternatives économiques n° 245, Mars 2006
- Conseil économique et social ; Paulet, Marie-Odile, *Recherches et technologies du futur : quelles orientations pour la production et la consommation d'énergie ?*, Journal Officiel, Avis et rapports du CES n° 25, 21 décembre 2006

## LES ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES PRODUCTIVES ET CONSOMMATRICES D'ÉNERGIE

### Ouvrages généraux

- Bourg, Dominique ; Rayssac, Gilles-Laurent, *Le développement durable : maintenant ou jamais*, 2006

- Conseil général des Ponts et Chaussées, *Rapport n° 2004-021-01 : maîtrise des émissions de gaz à effet de serre de l'aviation civile*, élaboré dans le cadre d'un groupe de travail interministériel présidé par Jean-Pierre Giblin, Mars 2005
- Dessus, Benjamin, *On ne peut pas compter sur les énergies renouvelables pour s'en sortir*, Économie politique n° 33, Janvier 2007
- Dirre, *La cogénération en Île-de-France*, Août 2006
- Iaurif ; Cordeau, Erwan, Nascimento, Iuli, *L'empreinte écologique des habitants de la région Île-de-France*, 2005
- Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires rurales, direction générale de la forêt et des affaires rurales, *Plan d'une contribution du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche au groupe technique Facteur 4*, Janvier 2006
- Région Île-de-France ; Dirre, *Schéma de services collectifs de l'énergie*, 1999
- Roy, Claude, *Retour vers le biofutur ? Raréfaction des énergies fossiles et effet de serre : quel avenir pour neuf milliards d'habitants ?*, Futuribles n° 327, Février 2007
- Roy, Claude ; Groupe facteur 4, *Biomasse, nature, agriculture, sylviculture et climat*, Décembre 2005
- **Crise énergétique et environnementale, innovation et maîtrise de l'énergie dans l'entreprise**
  - Adoue, Cyril ; Forgues, Caroline ; Lecointe, Claire, *Développement des solutions d'écologie industrielle et réglementation : freins et leviers*, Déchets Sciences & Techniques n° 33, 2004
  - Adoue, Cyril, *L'écologie industrielle en question*, Déchets Sciences & Techniques n° 35, 2004
  - Adoue, Cyril ; Ansart, Arnaud, *L'essor de l'écologie industrielle: une avancée vers le développement durable*, Futuribles n° 291, 2003
  - Arene Île-de-France, *Les filières éco-industrielles préventives atouts et enjeux pour l'Île-de-France*, Décembre 2006
  - Arene Île-de-France, *Aéroports de Paris (ADP) Roissy Charles-de-Gaulle : maîtrise de l'énergie et environnement centrale thermo-frigo-électrique (CFTE)*, 2000
  - Bourg, Dominique ; Grandjean, Andrée ; Libaert, Thierry, *Environnement et entreprises : en finir avec les discours !*, 2006
  - Crocis, *Le développement durable et les PME/PMI franciliennes du secteur énergétique : l'enjeu des énergies renouvelables*, Enjeux Île-de-France n° 88, Novembre 2005
- Erkman, Suren, *Vers une écologie industrielle*, 1998
- Iaurif ; Ecodév Conseil ; Leroi, Pascale ; Thévenot, Laure ; Husson, Jean-Louis ; Guéry, Pascale, *Les éco-activités en Île-de-France*, 2004
- Iaurif ; Ecodév Conseil ; Leroi, Pascale ; Thévenot, Laure ; Husson, Jean-Louis, *Les éco-activités en Île-de-France : une filière innovante, un fort potentiel de développement*, Note rapide sur l'économie n° 363, Octobre 2004
- Jancovici, Jean-Marc, *Un outil pour les entreprises : le bilan carbone*, 2001
- Oree, *Performances environnementales des pratiques de transport et de logistique*, Octobre 2006
- Salamitou, Jacques, *Management environnemental*, 2004

## GESTION DE L'ESPACE : FORMES URBAINES, DENSITÉS ET ENJEUX ÉNERGÉTIQUES

### Ouvrages généraux sur le développement urbain

- Berque, Augustin ; Bonnin, Philippe ; Ghorra-Gobin, Cynthia, *La ville insoutenable*, 2006
- Cerna ; École supérieure des Mines de Paris ; Giraud, Pierre-Noël ; Lefèvre, Benoît, *Les défis économiques de la croissance urbaine au sud*, Octobre 2006
- CSTB ; Charlot-Valdieu, Catherine ; Outrequin, Philippe, *La ville et le développement durable*, 1999
- Fouchier, Vincent, *Des fortes densités urbaines. Les villes nouvelles dans l'espace métropolitain*, 1997
- Gaschet, Frédéric, *La polycentralité urbaine*, 2001
- Iaurif ; Fouchier, Vincent, *La densification urbaine : un objectif pour le Schéma directeur de la région Île-de-France*, Atelier thématique Sdrif n° 3, Juin 2006
- Iaurif ; Lacoste, Gérard, *Construction, étalement urbain et pénurie foncière: au-delà des idées reçues*, Cahiers de l'habitat n° 40, Février 2006



- Iaurif, *Atlas des Franciliens*, 2002
  - Iaurif ; Newman, Peter W.G. ; Kenworthy, Jeffrey R, *Formes de la ville et transports : vers un nouvel urbanisme*, Cahiers de l'Iaurif n° 114-115, Mai 1996
  - Institut des villes, *Villes et économie*, 2004
  - Offner, Jean-Marc ; Pourchez, Carole, *La ville durable : perspectives françaises et européennes*, Problèmes politiques et sociaux n° 933, Février 2007
  - Pouyanne, Guillaume, *Des avantages comparatifs de la ville compacte à l'interaction forme urbaine-mobilité*, Cahiers Scientifiques du Transport n° 45, 2004
  - Sauvez, Marc, *La ville et l'enjeu du «développement durable»*, Rapport au ministre de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, 2001
  - Wiel, Marc, *Ville et automobile*, 2001
- Contrainte énergétique et espace urbain : constats**
- Certu ; Interface urbanisme et déplacements, *Effet de serre, politiques de déplacements et organisation urbaine*, Note de cadrage, thème 10, 12 novembre 2002
  - CNRS, Laboratoire d'économie des transports, *Analyse et modélisation des comportements transports-habitat-localisations*, ETHEL, Rapport R3 action Concertée, 2006
  - CNRS, Laboratoire d'économie des transports, *Bilans énergétiques Transport-Habitat et méthodologie BETEL*, ETHEL. Rapport R2 action Concertée, 2005
  - Datar, *Changement climatique, énergie et développement durable des territoires*, Territoires 2030 n° 2/2005, Décembre 2005
  - Hivert, Laurent ; Lecouvey, François, *Incidence de l'étalement urbain sur les émissions de CO<sub>2</sub> dans la région Île-de-France et l'arrondissement de Lille*, Février 2006
  - Merlin, Pierre ; Traisnel, Jean-Pierre, *Énergie, environnement et urbanisme durables*, 1996
  - Ministère de l'Équipement, direction des affaires économiques et internationales ; Plateau, Claire, *Les émissions des gaz à effet de serre des ménages selon les localisations résidentielles*, Notes de synthèse du SESP n° 163, Juillet-décembre 2006
  - Orfeuill, Jean-Pierre, *Les dépenses des ménages franciliens pour le logement et les transports*, Février 2006
  - Orfeuill, Jean-Pierre ; Soleyret, Danièle, *Les marchés de la mobilité à courte et longue distance : quelles interactions ?*, Recherche, transports, sécurité n° 76, 2002
- Perspectives d'action et recherches**
- Ademe, *Réussir un projet d'urbanisme durable*, Mai 2006
  - Ademe, *Un Plan Climat à l'échelle de mon territoire*, Novembre 2005
  - Ademe ; Etd, *Les politiques énergétiques territoriales*, Les notes de l'observatoire, Juin 2006
  - Certu ; Ademe, *SCOT et déplacements. Problématiques et méthodes*, 2004
  - Certu, *Maîtrise des consommations énergétiques et réduction des émissions de gaz à effet de serre : agir sur la ville*, Décembre 2002
  - Certu, *Interface urbanisme et déplacements, Journée d'étude urbanisme et déplacements. Changement climatique, énergie plus chère... Peut-on changer la ville et comment ?*, État des connaissances, stratégies et outils, 21 octobre 2003
  - Conseil économique et social ; De Viguierie, Paul, *Les politiques de l'urbanisme et de l'habitat face aux changements climatiques*, Rapport n° 6, Mai 2006
  - Dreif, *Les déplacements en Île-de-France : douze propositions*, Octobre 2006
  - Inra, Germond, Yves (dir) ; Mathieu, Nicole, *La ville durable, du politique au scientifique*, 2005
  - Maizia, Mindjid, *Pompes à chaleur et habitat: Prospective des consommations d'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub> dans l'habitat : les gisements offerts par les pompes à chaleur*, Cahiers du CLIP n° 18, Janvier 2007
  - Maizia, Mindjid, *Outils de simulations dans le bâtiment et le génie urbain: vers une approche intégrée ?*, Modélisation et systèmes urbains : une construction difficile, Octobre 2002
  - Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables, direction de la recherche et des affaires scientifiques et techniques ; Wiel, Marc, *Agencement spatial et optimisation du temps*, Groupe programme n° 4 : mobilité, développement économique et aménagement, 2000
  - Moatti, Sandra, *La ville durable, un vrai chantier*, Alternatives économiques n° 253, Décembre 2006
  - Orfeuill, Jean-Pierre ; Massot, Marie-Hélène, *Penser les mobilités de demain, essai de clairvoyance prospective*, Revue du Cerap n° 22, Septembre 2005
  - Setur ; Carfentan, G. ; Vignes-Rubio, C. ; Bonnet, K, *Méthodologie pour une démarche de qualité environnementale sur les opérations d'aménagement dans une perspective de développement durable*, 2005
  - Ville et mobilité durables, *Recherche supplément n° 398*, Juin 2006
- Expériences et projets**
- Ademe, *Politique énergétique durable, Catalogues de bonnes pratiques de villes européennes*, 2002
  - Arene, *Quartiers durables, Guide d'expériences européennes*, Avril 2005
  - Brac de la Perrière, Jacques-Jo, *Une ville pour les transports publics ?*, Transports urbains n° 108, Octobre-décembre 2005
  - Jonkhof, Joseph, *Maîtriser la mobilité par la localisation des activités*, Cahiers de l'Iaurif n° 114-115, Mai 1996
  - Nodin, Yannick, *Habitat périurbain : combiner densité et qualité environnementale*, Le Moniteur des travaux publics et du bâtiment n° 5374, 24 novembre 2006
  - Nodin, Yannick, *Développement durable : la difficile naissance des éco-quartiers*, Le Moniteur des travaux publics et du bâtiment n° 5365, 22 septembre 2006
  - Puca, *Programme quartiers durables, premier plan*, Octobre-décembre 2006



- Puca, *Villa urbaine durable, Synthèse des séminaires*, Juillet 2006
- Traisnel, Jean-Pierre, *Habitat et développement durable, bilan rétrospectif et prospectif*, Cahiers du CLIP n° 13, Mai 2001
- Tubiana, Fabian, *Urbanisme durable : les élus redessinent la ville*, Environnement magazine n° 1649, Juillet-août 2006
- *Éco-quartier*, Urbanisme n° 348, Mai-juin 2006

## L'ESPACE RURAL ET LA PRODUCTION LOCALE D'ÉNERGIES RENOUVELABLES

### Ouvrages généraux sur les énergies renouvelables

- Ademe Île-de-France, *Collectivités locales énergies renouvelables : quelle énergie pour son territoire ?*, Mars 2007
- Arene ; Observ'ER, *L'offre d'électricité verte pour les collectivités et les entreprises d'Île-de-France*, 14 décembre 2004
- Pellecuer, Bernard, *Énergies renouvelables et agriculture : perspectives et solutions pratiques*, Mars 2007
- Trivalor ; Ademe Île-de-France, *Méthodologie d'analyse du potentiel énergies renouvelables sur un territoire et d'aide à l'élaboration des plans d'actions énergies renouvelables*, 3 février 2006
- Trivalor ; Ademe Île-de-France, *Application de la méthodologie d'analyse du potentiel énergies renouvelables sur le Parc Naturel Régional du Gâtinais français (Troisième phase)*, 19 octobre 2006

### Biocarburants

- Ademe ; ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, direction des ressources énergétiques et minérales, *Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants en France*, note de synthèse, Décembre 2002
- Chambre d'agriculture de Seine-et-Marne, *Conditions de réussite d'une filière huile végétale pure, étude de cas en Allemagne*, Décembre 2006

- Conseil général des Mines ; Conseil général du génie rural des eaux et forêts ; Inspection générale des finances, *L'optimisation du dispositif de soutien à la filière biocarburants*, 20 septembre 2005
- Inra ; Gosse, Ghislain, *La biomasse agricole pour des usages énergétiques*, journées Cathala-Lefort, 9 au 10 mars 2005

### Biomasse

- Arene ; Ordif, *Bilan de la méthanisation des boues urbaines en Île-de-France*, 2002
- Arene ; Ademe, *Le bois de feu en Île-de-France, un bel avenir*, Novembre, 2004
- Inra ; Mascart, Cyril, *Audit patrimonial : Conditions et moyens nécessaires à la mise en place d'une filière bois énergie sur le territoire de la Réserve de Biosphère du Pays de Fontainebleau et du Gâtinais Français*, 2006
- Roy, Claude ; Groupe Facteur 4, *Biomasse, nature, agriculture, sylviculture et climat*, Décembre 2005

### Éolien

- Ademe, *Une énergie dans l'air du temps, les éoliennes : un guide didactique et pédagogique, qui répond aux questions courantes et récurrentes*, Avril 2007
- Arene, *L'éolien dans l'urbain, état de l'art*, Janvier 2006



B. Roux/Aurif

- Arene, *L'éolien, un gisement d'énergie renouvelable exploitable en Île-de-France*, Novembre 2002
- Gipe, Paul, *Le grand livre de l'éolien*, 2006
- Ministère de l'Écologie et du Développement durable ; Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, *Dispositions relatives à la création des zones de développement de l'éolien terrestre*, Circulaire du 19 juin 2006
- Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, *Arrêté fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie mécanique du vent telles que visées au 2° de l'article 2 du décret n° 2000-1196 du 6 décembre 2000*, 10 juillet 2006
- Préfecture de Seine-et-Marne, *Guide méthodologique relatif à l'implantation des éoliennes en Seine-et-Marne*, Mars 2007
- Réseau des agences régionales de l'énergie et de l'environnement, *L'éolien en France : initiatives de concertation et de planification, constats et recommandations à partir de l'analyse de 20 cas exemplaires*, Juillet 2005

### Solaire

- Ademe ; Etc Energy ; Alliance Soleil ; Fondation énergies pour le Monde, *Guide pratique du solaire photovoltaïque : dimensionnement, installation et maintenance*, 2005
- Falk, Antony ; Dürschner, Christian ; Remmers, Karl-Heinz, *Le photovoltaïque pour tous : conception et réalisation d'installations*, 2006
- Peuser, Felix A. (Dr.) ; Remmers, Karl-Heinz ; Schnauss, Martin, *Installations solaires thermiques : conception et mise en œuvre*, 2005.

### Géothermie, pompe à chaleur

- Ademe ; Simonnot, Guy, *L'énergie du sous-sol la géothermie en Île-de-France*, Bulletin n° 7, Avril 2005
- BRGM, *Méthodologie relative aux déclarations de mise en place des pompes à chaleur sur nappe en Île-de-France*, Août 2003

## OPINIONS ET COMPORTEMENTS, LES MOTEURS DU CHANGEMENT

- Cheveigné, Suzanne, *L'environnement dans les journaux télévisés : médiateurs et visions du monde*, 2000
- Ademe ; Association des journalistes-écrivains, *La place de l'environnement dans les médias, sondage CSA*, Mai 2005
- Ademe, 1997-2007: *l'environnement a-t-il transformé la société ?*, Troisième rencontres-recherche de l'Ademe, 2 juillet 2007
- IRSN ; Ademe ; Afssa ; Ifen ; Ineris ; Inra ; INVS, *Experts et grand public: quelles perceptions face au risque ?*, Rapport IRSN/DSDRE/Dos n° 10, Juillet 2006

## INNOVATION, RECHERCHE

### LES RISQUES ÉNERGÉTIQUES ET LES ENJEUX LIÉS AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Programme de Recherche et d'expérimentation sur l'Énergie dans le Bâtiment (PREBAT)  
Recherche et développement sur la conception et la construction de bâtiments à énergie positive.  
Travaux en 2006 :

- 22 projets financés dans les domaines scientifique et technologique,
- 6 études axées sur la politique énergétique des collectivités territoriales,
- une étude sur l'évaluation et l'évolution énergétiques des OPAH
- recensement des opérations à hautes performances énergétiques initiées par les maîtres d'ouvrages publics et privés,
- accompagnement de la région Bourgogne,
- préparation d'un appel à propositions «démonstrateurs» au niveau régional (Ademe, Puca, Anah, Anru) afin de récompenser les opérations réalisées, accompagner les opérations en cours, inciter à la réalisation de nouvelles opérations. [www.prebat.net](http://www.prebat.net)

**Bâtiment 2010. Programme d'évaluation coodonné par l'Ademe et le PUCA.**  
[www.batiment2010.net](http://www.batiment2010.net)



Commissariat à l'Énergie Atomique, Laboratoire d'innovations pour les technologies des énergies nouvelles et les nanomatériaux (LITEN)  
Recherche technologique pour l'amélioration énergétique des bâtiments.

École Nationale des Mines de Paris, Centre énergétique et procédés  
Thèmes de recherche : cycle de vie des bâtiments, systèmes de climatisation.  
<http://www.ensmp.fr/Fr/CEP/>

Fondation Bâtiment Énergie  
Recherche sur le bâtiment à énergie positive.

### LES ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES PRODUCTIVES ET CONSOMMATRICES D'ÉNERGIE

#### Programmes nationaux

Agence Nationale de la Recherche (ANR)

- *Captage et stockage du CO<sub>2</sub>* : adapter les processus de production afin qu'ils génèrent un flux de CO<sub>2</sub> quasiment pur à moindre coût et, d'autre part, à concevoir des méthodes de stockage de CO<sub>2</sub>, en particulier dans le sous-sol.
- *Programme Écotecnologies et Développement Durable (PRECODD)* : technologies de l'environnement centrées sur la réduction à la source, le traitement et la mesure des émissions polluantes d'origines industrielles et urbaines.
- *Programme National de Recherche sur le Solaire Photovoltaïque* : promotion de l'intégration fonctionnelle et architectu-

rale de systèmes photovoltaïques dans le bâtiment. Recherche sur l'électricité solaire photovoltaïque : une plate-forme Recherche/Développement/Innovation industrielle (RDI)» portée par les organismes nationaux de recherche, le CEA et le CNRS en liaison avec le CSTB, auxquels se joignent les acteurs universitaires locaux. Cette plate-forme a pour but de constituer le cœur de compétences au meilleur niveau international de l'Ines. Il constitue également l'outil de couplage avec le monde industriel sous forme de laboratoires communs avec les industriels de manière à transformer les innovations en réalités industrielles.

- *Programme National de Recherche sur les Bioénergies (PNRB)* : programme national de recherche sur les bio-énergies : élargissement du périmètre des bioressources utilisables et économiquement acceptables (sciences agronomiques, exploitation forestière et chaîne d'approvisionnement, y compris déchets) par des études sur la ressource Biomasse, développement et démonstration de la faisabilité économique de nouvelles technologies de conversion énergétique de biomasse lignocellulosique notamment pour la production de biocarburants et d'hydrogène ; élaboration de stratégies globales d'utilisation des ressources et des coproduits : étude de systèmes complets de valorisation de la biomasse.

Ce projet a été élaboré par un groupe de travail animé par l'Ademe et regroupant les acteurs industriels et institutionnels du secteur : IFP, CEA, Inra, CNRS, Cemagref, constructeurs automobiles, raffineurs, équipementiers, constructeurs, sociétés d'ingénierie.

[www.agence-nationale-recherche.fr/AAPProjetsOuverts](http://www.agence-nationale-recherche.fr/AAPProjetsOuverts)

#### Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)

Le BRGM s'est engagé, avec ses partenaires du secteur industriel et du secteur scientifique français, à acquérir les connaissances et compétences nécessaires à la réalisation dans les prochaines années d'un pilote semi-industriel du stockage du CO<sub>2</sub> en France.

- *Géocarbone – PICOREF* : préparer et réaliser à l'horizon 2009 un pilote semi-industriel de stockage de CO<sub>2</sub> dans le bassin de Paris.
- *Géocarbone – INJECTIVITE* : développer une méthodologie destinée à comprendre et

prévoir l'évolution de l'injectivité d'un puits de CO<sub>2</sub> pendant toute la durée du stockage en aquifère profond (salin) ou dans un gisement d'hydrocarbures.

- **Géocarbone – INTEGRITE** : développer une méthodologie destinée à évaluer l'intégrité d'un stockage géologique de CO<sub>2</sub>, par la modélisation du confinement du stockage.
- **Géocarbone – MONITORING** : apporter des réponses aux besoins du contrôle de la sécurité des installations ainsi que des éléments quantitatifs sur le bilan de matière, c'est-à-dire le rapport entre le CO<sub>2</sub> effectivement stocké et les réémissions possibles dans l'atmosphère.

[http://www.brgm.fr/brgm//domaines/CO2\\_nat.htm](http://www.brgm.fr/brgm//domaines/CO2_nat.htm)

## Institut National de la Recherche Agronomique (Inra)

Le projet **REGIX** : dont l'Inra est partenaire est fondé sur une approche unifiée entre agriculture et forêt et a pour ambition de doter les acteurs économiques d'outils, de méthodes et de données de référence de qualité pour développer la filière biomasse cellulosique.

[http://www.inra.fr/presse/evaluation\\_de\\_fileres\\_biomasse\\_cellulosique](http://www.inra.fr/presse/evaluation_de_fileres_biomasse_cellulosique)

## Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)

**Programme interdisciplinaire Énergie** : accroître la contribution des EnR et de la technologie dans la production de chaleur, des carburants pour le transport, ainsi que pour l'électricité ; améliorer les performances des procédés dans le domaine de l'efficacité énergétique et la réduction ou le traitement des déchets ; maîtriser des vecteurs énergétiques : classiques et nouveaux ; développer la socio-économie de l'énergie. <http://www.cnrs.fr/DEP/prg/Energie.html>

## Programmes sectoriels

### Projet ELEC-H2

«Électrolyse et autres procédés de production d'hydrogène à haute température» s'inscrit dans le projet SUSHY-PRO du CEA, qui vise à mettre en place d'ici 2010 une plateforme européenne de développement et d'essais pour tester les procédés HT de production d'hydrogène et accélérer le développement des technologies, sans attendre le développement industriel des réacteurs nucléaires du futur, en collaboration avec des partenaires comme l'Enea (Italie) et le CIEMAT (Espagne).

## Plan d'Action National sur l'Hydrogène et les piles à combustible (PAN-H)

Développement d'une filière de l'hydrogène et de la pile à combustible compatible avec les contraintes de l'automobile et sur le déploiement des technologies liées à l'émergence de nouveaux marchés. PAN-H a été élaboré en concertation avec les acteurs de l'industrie et des organismes de recherche publique concernés (Air Liquide, Axane, EDF, Gaz de France, Hélium, PSA Peugeot Citroën, Renault, réseau PACo, Total, Ademe, CEA, CNRS, IFP, INRETS, Minefi (DGEMF, DiGITIP), MDR (DT, DR).), en tirant profit du retour d'expérience du réseau PACo. Les thèmes de R&D d'intérêt commun retenus pour PAN-H2 sont déclinés de la recherche jusqu'au déploiement de la pile à combustible, traduisant ainsi la finalité industrielle de la démarche.

## L'ESPACE RURAL ET LA PRODUCTION LOCALE D'ÉNERGIES RENOUVELABLES

### Agence Nationale de la Recherche (ANR)

- **Programme National de Recherche sur le Solaire Photovoltaïque** : promotion de l'intégration fonctionnelle et architecturale de systèmes photovoltaïques dans le bâtiment. Recherche sur l'électricité solaire photovoltaïque : une plate-forme «Recherche/Développement/Innovation industrielle (RDI)» portée par les organismes nationaux de recherche, le CEA et le CNRS en liaison avec le CSTB, auxquels se joignent les acteurs universitaires locaux. Cette plate-forme a pour but de constituer le cœur de compétences au meilleur niveau international de l'Ines. Il constitue également l'outil de couplage avec le monde industriel sous forme de laboratoires communs avec les industriels de manière à transformer les innovations en réalités industrielles.

- **Programme National de Recherche sur les Bioénergies (PNRB)** : programme national de recherche sur les bio-énergies : élargissement du périmètre des bioressources utilisables et économiquement acceptables (sciences agronomiques, exploitation forestière et chaîne d'approvisionnement, y compris déchets) par des études sur la ressource Biomasse, développement et démonstration de la faisabilité économique de nouvelles technologies de conversion énergétique de

biomasse ligno-cellulosique notamment pour la production de biocarburants et d'hydrogène ; élaboration de stratégies globales d'utilisation des ressources et des coproduits : étude de systèmes complets de valorisation de la biomasse.

Ce projet a été élaboré par un groupe de travail animé par l'Ademe et regroupant les acteurs industriels et institutionnels du secteur : IFP, CEA, Inra, CNRS, Cemagref, constructeurs automobiles, raffineurs, équipementiers, constructeurs, sociétés d'ingénierie.

<http://www.agence-nationale-recherche.fr/AAPProjetsOuverts>

## Institut National de la Recherche Agronomique (Inra)

Le projet **REGIX** : dont l'Inra est partenaire est fondé sur une approche unifiée entre agriculture et forêt et a pour ambition de doter les acteurs économiques d'outils, de méthodes et de données de référence de qualité pour développer la filière biomasse cellulosique.

[http://www.inra.fr/presse/evaluation\\_de\\_fileres\\_biomasse\\_cellulosique](http://www.inra.fr/presse/evaluation_de_fileres_biomasse_cellulosique)

## Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)

**Programme interdisciplinaire Énergie** : accroître la contribution des EnR et de la technologie dans la production de chaleur, des carburants pour le transport, ainsi que pour l'électricité ; améliorer les performances des procédés dans le domaine de l'efficacité énergétique et la réduction ou le traitement des déchets ; maîtriser des vecteurs énergétiques : classiques et nouveaux ; développer la socio-économie de l'énergie. <http://www.cnrs.fr/DEP/prg/Energie.html>



## INDEX DES SIGLES

- Ademe** Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie  
**Afssa** Agence française de sécurité sanitaire des aliments  
**Anah** Agence nationale de l'habitat  
**Arene** Agence régionale de l'énergie et de l'environnement  
**BRGM** Bureau de recherches géologiques et minières  
**Certu** Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques  
**Cesrif** Conseil économique et social de la région Île-de-France  
**CNRS** Centre national de la recherche scientifique  
**Crif** Conseil régional d'Île-de-France  
**Crocis** Centre régional d'observation du commerce, de l'industrie et des services  
**CSTB** Centre scientifique et technique du bâtiment  
**Datar** Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale  
**Diact** Délégation à l'aménagement et à la compétitivité des territoires  
**Dreif** Direction régionale de l'équipement Île-de-France  
**Drire** Directions régionales de l'industrie, de la recherche et de l'environnement  
**ETD** Entreprises territoires et développement  
**Giec** Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat  
**Ifen** Institut français de l'environnement  
**Ineris** Institut national de l'environnement industriel et des risques  
**Inra** Institut national de la recherche agronomique  
**Insee** Institut national de la statistique et des études économiques  
**INVS** Institut de veille sanitaire  
**IRSN** Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire  
**LEPII** Laboratoire d'économie de la production et de l'intégration internationale  
**Predit** Programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestres  
**Puca** Plan, urbanisme, construction et architecture  
**RACF** Réseau action climat France  
**Stif** Syndicat des transports d'Île-de-France

## Energy constraints and urban change in Île-de-France

### Workshop 1 Energy risks and related climate change issues

There is much debate over the onset and seriousness of both climate change and energy shortages at the planetary, European, national, regional, and local scales. Despite these debates, there seems to be agreement on the general direction of the changes to come. For this reason, it is important to ask ourselves today about concrete consequences for the functioning of the Île-de-France region, as well as the changes that should be expected. This subject was addressed in a series of seven thematic prospective workshops between October 2006 and October 2007. These workshops brought together researchers, local authorities, and representatives of the private sector, and were piloted by the Île-de-France Regional Institute of Urban Planning and Development (IAURIF), the Île-de-France Regional Council, and the Regional Agency for Energy and the Environment (ARENE). The consequences and challenges that energy constraints will pose for regional planning over the next twenty-five years were extensively discussed.



J.-F. Lassary/IAURIF

This first workshop seeks to establish guidelines regarding trends and uncertainties related to climate change and energy risks, presenting different scenarios over different time scales. This debate reminds us of proven trends and identifies the areas of daily life that are likely to be affected in Île-de-France.

#### Learning from debate

The seminar focused on the consensus on climate and energy diagnosis, as well as the possible implementation of transitional tools to achieve the reduction targets for France by 2050. The following issues were addressed:

- The collective assessment;
- The emergence of a new collective culture;
- The use of transitional tools.

From the assessments of climate-change experts, what new policies are going to be implemented? What is the role of public authorities? What funding is going to be available? How will we coordinate our efforts with industry? What are the intended results?

### Workshop 2 Energy challenges in housing and service-sector buildings

In the Île-de-France region, day-to-day activity in buildings represents 60% of regional energy consumption. Heating, air conditioning, water heating, and cooking are significant sources of greenhouse gas emissions and contribute substantially to electricity use.

In housing and service sector buildings (such as offices, shops, and public facilities), it is technically possible to reach the established objective of dividing regional emissions by four before 2050. But despite strong incentives for energy efficiency upgrades, reinforced regulatory requirements, marketing campaigns aimed at



B. Renoux/IAURIF

increasing public awareness, and professional training strategies, concrete progress has been slow to appear.

Considering new buildings capable of higher performance as well as old buildings that need to be brought up to current standards, this challenge concerns no less than 4.5 million homes and 48 million square metres of office space, half of which needs restructuring. This challenge will require a strong positive effort from all members of the construction industry.

#### Learning from debate

This round-table discussion will address three main themes:

- Regulatory measures
- Technologies and their adaptation to different building types
- The tools available to reduce consumption and improve the energy efficiency of buildings, as well as the incentives for building investors and users to apply them

Are today's regulations effective? How should they be put into practice, and above all how will they be enforced? Who profits most from incentives such as tax credits? What will be the contributions and impact of energy diagnostics? Have such incentive measures already been applied abroad?

## Workshop 3

### Energy challenges facing passenger transport in Île-de-France

More than a quarter of the energy consumed in Île-de-France is used for regional transportation. Unlike housing and the service sector, regional transportation is almost entirely dependent on petroleum, and unless there are unexpected technological innovations, this dependency can only decrease slowly. Thus, the security of the fuel supply and the limits of global production (peak oil) present a great challenge. A second and even more difficult challenge is the reduction of greenhouse gas emissions: the first studies at the national level show that if current trends continue, technology alone will not allow the transportation sector to divide its greenhouse gas emissions by four before 2050. For Île-de-France, these factors will demand both a reorganization of transportation and changes in travel behavior. What actions can be envisaged for the future?

#### Learning from debate

This round-table discussion will address three primary themes:

- Technological change
- The impact of costs on mobility
- Regulatory measures and transportation governance



B. Rauxy/aurif



B. Rauxy/aurif

What means are available or could be implemented to allow low greenhouse-gas mobility at reduced costs? How can we proceed such that more people will turn to public transit? What possibilities exist for public transport in low-density areas? If fears of a crisis prove to be founded, what road transport policies are being considered, both in terms of investment and network operations? Is a modal transfer from automobiles to bicycles and motorcycles desirable?

## Workshop 4

### Energy production and consumption and economic activity

The Île-de-France region produces 29% of France's wealth through services (82,8%) industry (17%), and agriculture (0,2%). The leading French economic region is however very dependent on other regions and foreign countries for its energy supply. The liberalization of the market, increasing energy costs, the local and diversified production of energy, and the necessity of mastering energy consumption and greenhouse gas emissions will all have a significant impact on economic activity in Île-de-France.

To what extent will the energy crisis incite small and medium-sized businesses and industries to innovate (new markets, social

and organizational change, or technological innovation)? What combination of energies will be used in the future in Île-de-France? What new metropolitan dynamic will emerge from these opportunities and constraints?

#### Learning from debate

This round table discussion will address three principal themes:

- The mastery of energy production
- The problem of energy governance
- Energy efficiency in businesses, with comments from Air France

The energy used in Île-de-France is mostly imported. Climate change could lead to a larger number of severe storms that damage the electricity network. What measures are foreseen to limit this risk? Can the development of renewable energy reduce this risk? What should be done to set the process of renewable energy development in motion? In what way will increases in energy prices and the creation of CO<sub>2</sub> quotas create opportunities for small and medium-sized businesses? How is Air France facing changing energy costs and planned quotas for air transport?

## Workshop 5

### Spatial planning: urban form, density, and energy issues

Today, the Factor 4 objective seems difficult to achieve, considering the major urban development trends in Île-de-France: increased consumption of space, urban sprawl, spatial disparities, and an increase in mobility. Town planning choices and the resulting behaviours have an obvious impact on energy consumption and greenhouse gas emissions. In the coming years, we will face several challenges: characterizing efficient urban forms and structures that promote shared transportation or shorter travel distances, reformulating the concepts of density and compactness, acting to influence location choices, and changing the way that the city is produced. Between now and 2050, will we be able to sufficiently reorganize our cities and our lives to slow down or even halt climate change?





B. Roux/Aurif



B. Roux/Aurif



Florence Lenthain/SIGNATURES

## Learning from debate

This round-table discussion concentrates on spatial planning and energy conservation, addressing three themes related to different urban scales:

- The scale of the neighbourhood: ecological neighbourhoods
- Sustainable development of the urban area
- Functional organisations that allow reduced energy consumption for the entire agglomeration

Considering recent energy challenges, does urban sprawl pose a problem today in terms of consumption of space, or in social or economic terms? What solutions can be found to increasing property values in dense urban areas? What new urban forms can be imagined? Who will innovate and respond to the demands of the Factor 4 policy, and with what financial resources? What is the impact of vegetation and water on temperature, and what lessons can be learned for urban planning?

## Workshop 6 Spatial planning: rural areas and local production of renewable energy

More than 80% of Ile-de-France is rural. Around half of the region is agricultural (583000 hectares of arable land in 2000), and around one quarter is wooded (280000 hectares).

Though this part of the territory uses relatively little energy, it is characterized by automobile dependence, the predominance of single-family housing, and specific energy supply needs. It also possesses unquestionable advantages: energy can be obtained from wood, bio-fuels, biogas, wind turbines, solar, and geothermal sources. Considering both barriers to their development and local economic opportunities, what possibilities exist today and will exist in the coming years to encourage the development of renewable energy?

## Learning from debate

This seminar focused on the management of rural space and the local production of renewable energies concentrating on three themes:

- The involvement of economic stakeholders in these new sectors;
- Training the required workforce for new jobs
- The difficulties for the Paris Region local authorities in developing renewal energies, through the experience of two regional natural parks (Gatinais, Vexin) and that of the municipality of Bois-le-Roi.

## Workshop 7 Opinions and behaviours – essential for change

Since the year 2000, the number of articles dealing with natural catastrophes, the disappearance of animal and plant species, and public health problems has been growing continuously. At the same time, the economic sections of our daily newspapers have repeatedly reminded us of the consequences of increasing energy prices and the shortages that we will probably soon face.

It is not surprising that in such a context 80% of French people say that they are worried about global warming and its consequences, or say that they want to act to avoid problems that may be perceived as inescapable. But despite these words, this awareness of the issues at hand has not led to significant changes in attitude, the products that we use, or the habits of daily life!

This workshop will address the question of changing behaviours and the acceptance of or resistance to change.

## Learning from debate

The seminar brought together public and private stakeholders engaged in systematically applying measures aiming at cutting down their energy consumption.

- Électricité de France with their *So Watt!* Exhibition showcasing state of the art projects developed by an international pool of designers ;
- The municipality of Noisiel that has developed an experimental thermography project at the level of its town ;
- The Publicis press group involved in the Environment advisory committee round of discussions referred to as the *Grenelle de l'environnement*.

# Le DVD

## Contraintes énergétiques et mutations urbaines

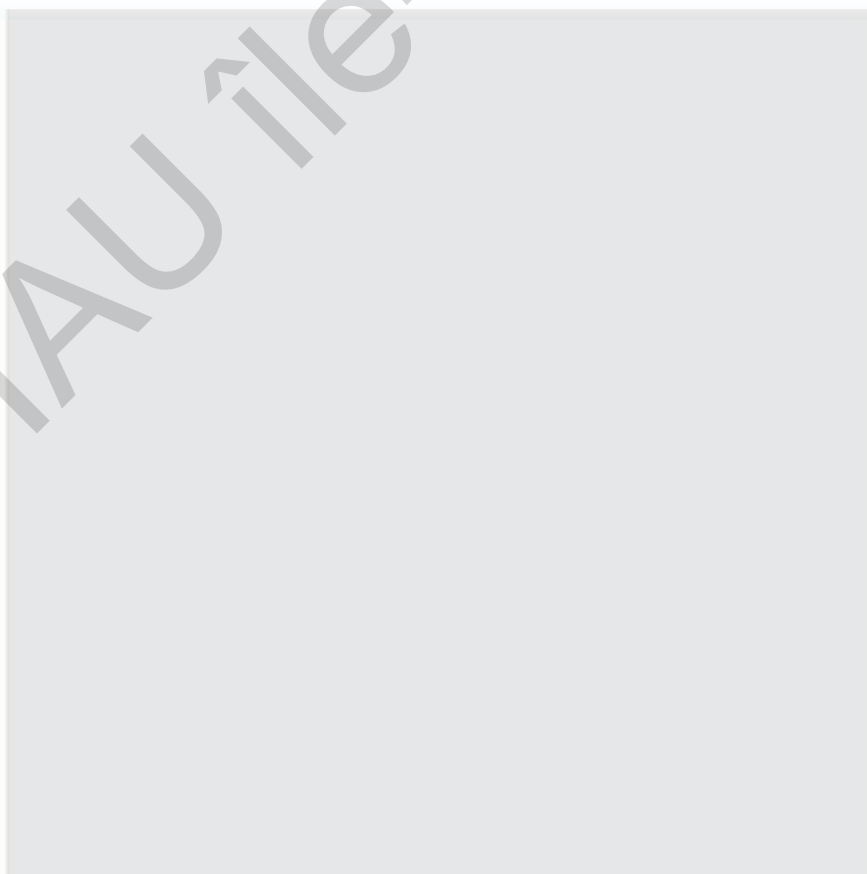
En écho aux ateliers, Anouchka Dyephart a réalisé six courts métrages, dont cinq sont construits sur des interviews de Mireille Ferri et de Pierre Radanne, pour alimenter la réflexion sur les enjeux énergétiques.

Pierre Radanne interpelle les citoyens. Il propose une mise en perspective de l'utilisation des ressources énergétiques de la planète dans le film *Énergies et société* (4') et préconise une petite révolution culturelle pour faire face aux défis du changement climatique dans *Actions pour l'Énergie* (4').

Mireille Ferri considère la nécessaire implication des politiques à l'échelle régionale dans le film *Aléas climatiques* (2'20"). Elle aborde la gestion des transports, fortement liée à l'organisation spatiale dans *Transports et compacité* (3'12"). Enfin, elle évoque dans *Nouveaux quartiers urbains* (2'38"), la possibilité de concilier des objectifs de qualité de vie et de modes de consommations.

Le film *Énergies dans le paysage* (5'), sans commentaire ni dialogue, promenade dans le paysage francilien, porte le regard sur quelques signes de la production, du transport ou de la consommation d'énergie. État des lieux par l'image, pour susciter questions ou propositions...

Ce DVD vous permet également de retrouver tous les documents présentés lors des sept ateliers : diaporamas, films, bibliographie, textes officiels, liens internet...







### N° 144

Mars 2006

France : 36 €  
Étranger : 38 €

#### LIBAN : RETOUR SUR EXPÉRIENCE

##### ÉDITORIAL :

Liban : retour sur expérience

Jean-Paul Huchon, président du Conseil régional d'Île-de-France

##### De la reconstruction au développement

Al Fadi Chalab, président du Conseil du développement et de la reconstruction du Liban

##### Moment charnière, retour sur expérience

##### LA SAGA DE LA RECONSTRUCTION

Quinze années de reconstruction

Beyrouth reprend place au niveau international

La saga croquée

La réconciliation par la reconstruction

Repères : le Liban, un territoire, une histoire, des hommes

##### 40 ANS DE PRÉSENCE AU LIBAN : LES APPORTS DE L'IAURIF

Des plans et des projets pour la région de Beyrouth

Le SDATL (2002-2004)

Littoral, montagne, sites : les apports de l'IAURIF

Un programme post-conflit pour le Sud-Liban

Cartographie et SIG, des contributions décisives de l'IAURIF

Chronologie des travaux et équipes IAURIF au Liban

##### DIX THÈMES DE RÉFLEXION

La règle et son respect

Incertitudes et planification

La place du public et du privé

Investisseurs, chers investisseurs

Le concept de rareté comme outil d'analyse et de projet

Planification indicative, la force des idées

L'ingénierie indépendante comme médiateur

L'indispensable vulgarisation des concepts

Recherche et expertise : regards croisés

Planification à long terme et actions d'urgence : quelles articulations ?



### N° 145

Octobre 2006

France : 36 €  
Étranger : 38 €

#### IMMOBILIER D'ENTREPRISE :

NOUVELLE GÉOGRAPHIE, NOUVELLES STRATÉGIES

##### ÉDITORIAL :

Immobilier d'entreprise : comprendre pour mieux agir

Jean-Paul Huchon, président du Conseil régional d'Île-de-France

Immobilier d'entreprise : composer avec les lignes de force du marché

##### UNE GÉOGRAPHIE EN MOUVEMENT

Les activités économiques en Île-de-France : vers moins d'étalement ?

Activités financières : les redéploiements génèrent un besoin de place

Comment s'oriente la construction de bureaux en Île-de-France ?

Les bureaux et l'aménagement métropolitain en Europe de l'Ouest

Le retour en grâce des quartiers d'affaires historiques

Les zones d'activités économiques en Île-de-France : un puissant réseau

Le marché de la logistique : l'Île-de-France leader en Europe

L'évolution et le devenir du parc de grandes surfaces commerciales en Île-de-France

##### STRATÉGIES D'ACTEURS

Urbanisme, aménagement, immobilier... et financiarisation

Les emplois de bureau : état des lieux et prospective à l'horizon 2015

Le management immobilier des grands groupes français

Le marché de l'investissement dans le commerce et les centres commerciaux

La demande immobilière des artisans

##### NOUVEAUX ENJEUX : QUELS LEVIERS D'ACTION ?

Agrément, redevance... : des réformes successives au service de l'aménagement régional

Le London Plan joue la carte du bureau

Développement durable, requalification, appui aux PME : les axes d'intervention de la Région Île-de-France en matière d'immobilier d'entreprise

Quelles réponses des acteurs publics à la problématique immobilière des artisans ?

La Caisse des dépôts : un rôle d'investisseur pionnier

Immobilier d'entreprise : un marché d'avenir pour la construction durable (HQE)

La taxe professionnelle donne des signes d'asphyxie

L'aménagement des zones d'activités économiques : l'émergence des intercommunalités se confirme

SIGARIF : l'économie régionale territorialisée à portée de clics

Du SIGR aux SIG dédiés...



### N° 146

Mars 2007

France : 36 €  
Étranger : 38 €

#### GRANDS PROJETS URBAINS EN EUROPE

CONDUIRE LE CHANGEMENT DANS LES MÉTROPOLIS

##### ÉDITORIAL :

Conduire le changement dans les métropoles

Jean-Paul Huchon, président du Conseil régional d'Île-de-France

Grands projets urbains en Europe :

quels enseignements pour l'Île-de-France ?

##### LE CADRAGE DES PROJETS :

STRATÉGIES, TERRITOIRES ET PARTENARIATS D'ACTEURS

Stratégies, acteurs et grands projets : quelques repères

Des Docklands à Thames Gateway : rééquilibrer le développement de Londres vers l'est

La stratégie d'aménagement de Berlin : planification et projets

Zuidas, Amsterdam : ambitions et incertitudes d'un projet d'un nouveau centre métropolitain

Un nouveau front de mer pour Barcelone : le projet Besòs-Forum

Ørestad, moteur de la nouvelle région de l'Øresund ?

Porto Antico à Gènes : un projet en accélération

Des stratégies à échelles multiples : expériences comparées de mégaprojets en Europe

Grands projets urbains : lieux de convergence des stratégies publiques et privées

##### LA RÉALISATION DES PROJETS :

APPROCHES, MÉTHODES ET OUTILS

Du plan à la ville : réflexions sur la conduite des grands projets en Europe

Le projet 22@Barcelona : mutation urbaine d'un espace industriel ou creuset d'innovations ?

Urbjurg, les hauts et les bas d'un nouveau quartier (sub)urbain d'Amsterdam

Malmö, Västra Hamnen (Suède) : méthodes et outils d'une mutation urbaine

Renouveau urbain de la vallée de la Clyde à Glasgow : partenariat public, projets privés

Rotterdam Ville-Port : une nouvelle organisation, une nouvelle approche de l'aménagement portuaire

Le modèle Nord-Milanais : régénération économique sans projet urbain ?

Les structures d'aménagement en Europe : une approche comparative

Politiques d'habitat, mixité sociale et grands projets Les ambitions et contradictions de Thames Gateway

Les grands projets de quartiers durables, laboratoires écologiques du futur ?

À paraître : Entre projets et stratégies, le pari économique de six métropoles européennes