

# Défi climat 2012



## Croissance et changement climatique

### *Cycle de conférences*

*Séance 3 :*

Comment repenser le mode de développement  
de nos sociétés : entre innovations technologiques  
et changements de comportements ?

jeudi 14 juin 2012 - 8h45-17h  
MINISTÈRES ÉCONOMIQUE ET FINANCIER - PARIS



en partenariat avec



## **DEFI CLIMAT : CROISSANCE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE**

**Comment repenser le mode de développement de nos sociétés : entre innovations technologiques et changements de comportements ?**

**Jeudi 14 juin 2012**

*Ministères économique et financier – Paris*

## SOMMAIRE

**Animation de la journée :** **Pierre-André JOUVET** – Directeur scientifique de la Chaire économie du climat, professeur d'économie à l'université Paris Ouest – **Daniel DELALANDE** – Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie / Direction générale de l'énergie et du climat

**Présentation générale : Innovations et changement climatique :** **Matthieu GLACHANT** – MINES ParisTech

**Les investissements d'avenir :** **Soraya THABET** – Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, direction générale de l'énergie et du climat

**Comment repenser la mobilité dans le secteur des transports ? :** **Jean LATERRASSE** – Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR) – Laboratoire Ville Mobilité Transport

**Le véhicule électrique :** **Antoine FERAL** – Groupe Michelin

**Le secteur énergétique de demain :** **Patrice GEOFFRON** – Université Paris Dauphine – Chaire économie du climat

**Les Smarts Grids ou réseau de distribution d'électricité intelligents :** **Cécile GEORGE** – Commission de régulation de l'énergie

**Une mutation possible de l'habitat – réflexion sur l'aménagement urbain :** **Yann FRANÇOISE** – Ville de Paris

**Habitat et matériaux innovants :** **Didier ROUX** – Groupe Saint-Gobain

## ACCUEIL

**M. Martin PIETRI** (*Directeur des actions de modernisation, Institut de la Gestion Publique et du Développement Économique – IGPDE*) souhaite la bienvenue aux participants à cette troisième journée du Cycle « Défi Climat », consacrée au thème « Comment repenser le mode de développement de nos sociétés : entre innovations technologiques et changements de comportements ».

Ce cycle en est à sa quatrième édition. Il est le fruit d'un partenariat entre l'IGPDE et l'IFORE – Institut de Formation de l'Environnement. Au-delà, Défi Climat s'insère dans une coopération plus large dans le domaine de la formation, comme en témoignent les portails internet des deux Instituts.

L'organisation de ce type d'événement est pour l'IGPDE un prolongement normal de son activité, puisqu'à côté du développement des compétences des agents et de l'accompagnement de la modernisation de l'État, la diffusion d'une culture économique en matière de gestion publique fait partie intégrante de ses missions.

M. PIETRI rappelle à cette occasion que d'autres événements sont régulièrement organisés : les « Rencontres économiques », qui traitent tout au long de l'année de sujets macro-économiques, « Regards croisés sur l'entreprise » qui a pour objet de réflexion la PME et le « Cycle des Hautes Études pour le Développement Économique » – CHEDE – lieu d'échange entre la sphère privée et la sphère publique, qui traite de développement économique.

Cette quatrième édition de Défi Climat bénéficie également du partenariat scientifique de la Direction générale de l'énergie et du climat et de la Chaire Economie du Climat.

M. PIETRI remercie MM. Pierre-André JOUVET et Daniel DELALANDE, qui représentent ces deux institutions et animent cette journée, ainsi que les équipes de l'IFORE et de l'IGPDE qui ont travaillé à la préparation de cette séance.

**M. Daniel DELALANDE** rappelle qu'une première séance de Défi Climat a été consacrée à l'approche de l'économie du changement climatique et une deuxième séance à l'efficacité de la dépense publique. Les présentations de la première séance sont en ligne sur les sites de l'IGPDE et de l'IFORE, celles de la seconde sont à venir.

La présente séance pose des questions, notamment sur le coût des technologies pour arriver aux objectifs climatiques, et par conséquent, sur le réalisme des ruptures technologiques envisagées, que ce soit dans le domaine de l'énergie, du transport ou du bâtiment.

M. DELALANDE souligne que par le passé, les améliorations technologiques n'ont pas empêché de voir les émissions de gaz à effet de serre croître, par exemple dans le secteur des transports. Il évoque également la question du lock-in – le fait que certaines technologies, appropriées pour atteindre des objectifs à un horizon temporel court, se révèlent contre-productives pour un objectif fixé à plus long terme. Il rappelle enfin que les innovations technologiques n'ont pas seulement des conséquences techniques ; elles peuvent aussi engendrer des changements organisationnels. La journée a été organisée pour répondre à ces questions et défis.

## PRÉSENTATION GÉNÉRALE : INNOVATIONS ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

**M. Matthieu GLACHANT** (*MINES ParisTech*), spécialiste de l'économie de l'environnement, dirige en particulier le CERNA, laboratoire qui a lancé un programme de recherches intitulé « *Technology and climate change* » sur ces questions d'innovation et de diffusion des technologies. Les thèses qu'il présente sont directement inspirées des recherches de ce laboratoire.

M. GLACHANT souligne qu'il souhaite aborder le changement climatique en économiste, et insister sur la dimension internationale du phénomène. Les questions de la diffusion de l'innovation, de sa commercialisation et de son industrialisation lui apparaissent également décisives.

Seuls 5 % des brevets déposés au niveau mondial le sont par des organismes publics. Les brevets sont donc d'abord portés par les dynamiques économiques des entreprises. La diffusion est l'étape où les entreprises retirent des bénéfices de l'innovation ; elle a un effet clé sur l'amont, parce que c'est ce qui crée les incitations à l'innovation.

Premièrement, M. GLACHANT propose un état des lieux de l'innovation. Il existe deux techniques pour la quantifier : les indicateurs de moyens, comme les dépenses de R & D ou les indicateurs de résultats que sont les brevets. Les statistiques disponibles pour les comparaisons internationales sur la R & D sont très mauvaises, du fait en particulier des mauvaises statistiques sur la R & D privée. Il faut donc travailler sur les brevets.

En quoi les brevets sont-ils un indicateur ? Un brevet est un droit de propriété qui donne à celui qui le détient une exclusivité sur l'exploitation commerciale d'une technologie dans le pays dans lequel il le dépose. C'est un indicateur quantitatif d'innovation et c'est aussi un indicateur de la diffusion géographique des idées.

M. GLACHANT s'intéresse à l'effort d'innovation climat dans les brevets entre 1978 et 2005 et remarque que le prix du pétrole et l'innovation climat ont évolué parallèlement. Il observe donc une influence décisive du prix de l'énergie sur l'innovation climat. À partir de 1990, un découplage relatif doit être noté entre l'innovation climat, qui a augmenté alors que le prix du pétrole stagnait : a *priori* les politiques ont conduit à ce découplage relatif avec le prix hors taxe de l'énergie.

Entre 2003 et 2008, la France est en cinquième position, avec un taux de 4,5 %. Les leaders sont les États-Unis, le Japon et l'Allemagne. Le paysage est donc celui d'une extrême concentration géographique de l'innovation climat dans trois pays. La Corée, qui n'est plus un pays en développement depuis longtemps, est devant la France, en quatrième position.

Dans le secteur du nucléaire, la France a réalisé environ 10 % de l'innovation globale, elle est en troisième position. La France a des points forts, dans le captage et la séquestration du carbone, les technologies liées au ciment, à l'isolation, au charbon propre. Ce sont des domaines où les grandes entreprises françaises performant au niveau international : Areva

pour le nucléaire, Air Liquide ou Alstom pour la CSC (capture et stockage du carbone), Lafarge pour le ciment, Saint-Gobain pour l'isolation, Alstom encore pour le charbon propre. En revanche, la France est en retard pour l'éolien, l'éclairage et la biomasse.

En ce qui concerne la diffusion des technologies, 73 % des innovations transférées viennent de pays de l'OCDE et vont dans les pays OCDE, ce sont les transferts Nord – Nord. 22 % des transferts origine OCDE – destination non-OCDE représentent la part des transferts Nord – Sud. Les transferts Sud – Sud sont quasiment inexistantes. Certains pays du Sud, comme la Chine, l'Inde, et le Brésil sont des innovateurs qui existent dans le paysage, mais qui transfèrent très peu leurs technologies, même dans les pays du Sud.

L'innovation est donc extrêmement concentrée dans quelques pays. La France a une place, modeste. L'enjeu au Sud est d'introduire des technologies plus avancées au lieu de technologies très gourmandes en énergie. Un travail important doit être réalisé pour développer les transferts Nord – Sud.

Deuxièmement, la question des politiques pour promouvoir l'innovation est importante.

La première des politiques publiques est la politique climatique standard, qui crée la demande pour les technologies, avant de songer à des politiques d'offre qui soutiennent directement l'innovation, les investissements d'avenir. Le parallélisme entre prix de l'énergie et effort dans l'innovation climatique suggère que donner un prix au carbone est un outil majeur pour promouvoir l'innovation.

Il faut ensuite financer la recherche avec de l'argent public et repositionner l'effort de recherche publique. En 2009, le nucléaire représente encore 44 % du total. Cela baisse, mais les ENR par exemple, ne représentent que 15 %, tout comme l'efficacité énergétique. Il y a manifestement là un déséquilibre.

M. GLACHANT insiste également sur le financement du déploiement des nouvelles technologies, et en particulier des énergies renouvelables. À court terme, subventionner les éoliennes et l'énergie photovoltaïque est absurde. C'est un pari de long terme. L'idée est aussi celle du « *learning by doing* » : par des effets d'apprentissage d'ouvriers dans les usines, des effets d'amélioration incrémentale des équipements de production, les innovations et les technologies sont améliorées.

Sur le photovoltaïque, par exemple, la question est de savoir si les politiques publiques doivent s'orienter vers du *learning by doing*, c'est-à-dire subventionner le déploiement des technologies actuelles, ou subventionner la recherche plus en amont, par du *learning by searching* ?

Troisièmement, la diffusion internationale des technologies est un sujet majeur dans les négociations climatiques internationales depuis des années, qui se manifeste par une forme de marchandage planétaire sur le transfert Nord-Sud des technologies. Depuis 20 ans, les pays du Sud proposent un outil pour le faire, le G77, qui rassemblerait tous les pays en développement, mais aussi des pays émergents comme la Chine. Ils réclament un relâchement spécifique pour les technologies climat des droits de la propriété intellectuelle avec l'idée que la propriété intellectuelle, les brevets, entravent la diffusion. Les Américains et les Européens refusent cette option.

Depuis Cancún, le *Technology Mechanism* (le mécanisme technologique) s'est développé. Il s'agit en tout et pour tout de deux comités : un *Technology Executive Committee* de 20 experts au niveau mondial, puis des réseaux au niveau régional *Climate Technology Centre and Network*.

Les brevets ont été créés au départ pour favoriser l'innovation, pas sa diffusion. Mais de très nombreux mécanismes liés au brevet, au contraire, favorisent la diffusion de l'innovation. Par exemple, déposer un brevet, c'est rendre l'information publique sur la technologie et donc permettre à d'autres innovateurs de s'inspirer de la technologie. Le brevet est un dispositif de publication des idées aussi, comme une publication scientifique.

Un brevet est aussi un droit de propriété transférable, vendable. Cela permet donc de faire circuler les idées sur le marché. Le secret industriel conduirait à moins de diffusion que le brevet. Dans le cas du climat, les effets positifs du brevet l'emportent.

Les technologies circulent aussi grâce au commerce international des biens d'équipement. Les Chinois sont devenus des champions dans l'industrie photovoltaïque en 5 ans en important des équipements de production allemands high-tech. Et c'est le marché international des biens d'équipement, qui a permis de transférer cette technologie de production en Chine. Pour promouvoir les transferts Nord-Sud, il faut donc faire très attention au protectionnisme.

Les technologies circulent également grâce aux Investissements Directs à l'Étranger (IDE). Quand une multinationale s'installe dans un pays, elle amène des technologies, des compétences, incorporées dans des êtres humains.

M. GLACHANT explique ensuite qu'il faut augmenter les capacités d'absorption technologique. Au Mali, il n'y a aucune compétence locale pour absorber la technologie. L'éducation et la formation sont décisives. Et dans certains secteurs particuliers comme les véhicules électriques ou les *Smarts Grids*, il existe des problèmes de compatibilité. Il faut donc promouvoir la standardisation pour faciliter l'efficacité du dispositif et la diffusion commerciale.

Il conclut en rappelant que les politiques de promotion de l'innovation et de la diffusion résultent d'un compromis. Le premier consiste à promouvoir la diffusion sans éroder les incitations pour les innovateurs. Il faut faire fonctionner correctement ces politiques publiques pour ne pas trop faciliter la diffusion et donc l'appropriation des innovations par les non-innovateurs. Le deuxième compromis est celui qu'il faut faire entre le *learning by doing* et le *learning by searching*. Est-ce qu'on finance de la R & D dans les laboratoires ? Ou est-ce qu'on finance le déploiement des technologies pour faire de l'innovation sur le terrain ?

Il faut enfin arbitrer entre l'intérêt environnemental global et l'intérêt économique national. Parce que transférer les technologies au Sud, transférer les technologies en Chine est une bonne idée pour lutter contre le changement climatique, mais c'est aussi créer des concurrents pour demain aux fournisseurs de technologie verte en France.

## ÉCHANGES AVEC LA SALLE

**Un participant** estime qu'il devrait exister un régime de brevets européens, voire internationaux, qui réduirait fortement le coût de dépôt des brevets. Il s'interroge ensuite sur les chiffres des technologies climat par filière. Les résultats sont-ils comparables ? Quel type de prévision tirer de ces analyses ?

**Un participant** interroge l'innovation hors technologie, en débat dans le domaine du bâtiment notamment. Beaucoup soulignent l'ensemble des investissements qui ont été faits au niveau mondial depuis 1980 et le peu de résultats dans ce domaine.

**Une participante** rappelle que la matière première des panneaux photovoltaïques, dans lesquels les Chinois sont performants, est la silice, présente en quantité sur le territoire chinois.

**Matthieu GLACHANT** explique qu'il existe un système de brevet européen, qui résulte d'un accord international, avec un office européen des brevets. Il vise à limiter les coûts de dépôt des brevets et facilite le dépôt dans les pays européens, de manière accélérée, sans refaire les dossiers. Mais il n'y a pas de « brevet européen ». Les brevets *in fine* restent des titres de propriété sur les pays. Le brevet international n'est pas possible, car il faut que l'innovateur envisage des territoires multiples pour la diffusion de son innovation.

M. GLACHANT rappelle ensuite que la silice est l'atome le plus répandu sur terre. Mais ce qui est absolument clé dans la filière, c'est le silicium cristallin pour faire les panneaux, domaine dans lequel les Chinois ne sont pas leaders. Ils sont obligés d'importer et donc de créer de nouvelles capacités... Ils font du *learning by doing* comme la France avec l'énergie issue de l'éolien.

M. GLACHANT estime enfin qu'il ne faut pas opposer l'organisationnel au technologique, parce qu'il existe une grande complémentarité entre les deux. Quand une multinationale installe un nouveau type de production dans un pays en développement, elle y dépose un brevet pour protéger tel ou tel élément de sa technologie. Elle y transfère aussi ses compétences organisationnelles pour l'implémenter, qu'elle transmet dans le cadre de *joint-ventures* à des équipes locales.

## LES INVESTISSEMENTS D'AVENIR

**Mme Soraya THABET** (*Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, Direction générale de l'énergie et du climat*), responsable de la coordination des politiques de recherche sur les nouvelles technologies de l'énergie notamment, abordera les investissements d'avenir dans les nouvelles technologies de l'énergie.

Elle rappelle que les investissements d'avenir représentent des milliards d'euros dans un contexte budgétaire restreint. Son point de vue est celui d'un acteur de la politique publique, impliqué dans les processus de gouvernance des investissements d'avenir.

En premier lieu, elle souhaite expliquer pourquoi il est indispensable d'organiser le financement public de la recherche dans les NTE. En France, l'acteur de politique

publique dans le domaine est la Direction générale de l'énergie et du climat. Elle indique que 75 % de la consommation énergétique en France en 2010 est assurée par les hydrocarbures. Cela concerne surtout les transports et le logement. Pour réduire les gaz à effet de serre, il faut organiser l'investissement dans les nouvelles technologies de l'énergie.

Tous les rapports montrent que les nouvelles technologies sont nécessaires et que l'on ne peut se contenter des progrès incrémentaux réalisés jusqu'à présent. La recherche doit donc jouer un rôle dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre. La Commission Perthus a identifié plusieurs pistes : des mesures de politique industrielle pour favoriser une transition vers une économie sobre en carbone, le développement de la R & D et la diffusion des innovations et une stratégie de développement bas carbone.

En 2010, l'AIE explique qu'il faut réduire les gaz à effet de serre pour rester en dessous de la limite des 2 degrés proposée par le GIEC et que toutes les technologies disponibles doivent être mobilisées pour ce faire : énergies renouvelables, nucléaire, technologies pour l'efficacité énergétique, pour l'amélioration de l'utilisation des hydrocarbures, la capture et le stockage du carbone.

Dans son rapport de 2012, l'AIE ajoute que la France est en retard quant à ces objectifs. Pour le combler, il faut investir massivement dans la R & D. L'investissement mondial en R & D dans les nouvelles technologies de l'énergie augmente, avec un ralentissement en 2010 probablement dû à la crise économique.

Les politiques publiques s'intéressent en outre au sujet parce qu'investir dans les nouvelles technologies de l'énergie, c'est aussi un pari pour l'avenir et pour la compétitivité économique. L'impact du développement des NTE sur l'économie n'est pas facile à mesurer, mais on observe que le développement des NTE est un élément clé de la croissance verte en France. En 2010, les énergies renouvelables ont représenté 17 % de la production et 14 % des emplois dans le secteur des écoactivités. En moyenne, on a observé une évolution de 15,6 % des emplois directs dans les énergies renouvelables entre 2004 et 2010. Par rapport à l'évolution de l'emploi global en France, ce chiffre est positif, il montre un potentiel.

Pourquoi ces investissements sont-ils un pari ? Parce qu'ils concernent des filières où l'intensité capitaliste est élevée, et qui présentent des risques encore mal appréciés par les investisseurs. C'est pourquoi les investisseurs privés ne s'engagent pas dans ces filières, c'est l'un des points soulignés par l'AIE dans son dernier rapport. Par exemple, l'appel d'offres éolien *offshore* lancé en juillet 2011 pour assurer une énergie d'une puissance de 3 Gigawatts nécessite environ 10 milliards d'euros. Le secteur privé est méfiant. Les filières sont donc encore très dépendantes des pouvoirs publics pour leur financement, tant en terme de recherche que de déploiement des technologies, avec un lien et une articulation à trouver entre les deux.

En deuxième lieu, Mme THABET souhaite définir ce que sont les investissements d'avenir : il s'agit d'augmenter les investissements sur les nouvelles technologies de l'énergie, mais aussi de rappeler le niveau des financements qui existe déjà dans le domaine de la R & D énergétique en France. Entre 2002 et 2010, la France est au-dessus

de la moyenne des autres pays européens. Historiquement, le financement a été largement orienté vers le secteur nucléaire. Entre 800 millions et 1 milliard d'euros sont investis chaque année dans la R & D sur l'énergie, avec une augmentation significative de la part des nouvelles technologies de l'énergie depuis 2005. On assiste à une diversification des financements accordés.

En ce qui concerne les énergies décarbonées, 7 actions principales ont été définies. Les IEED – Instituts d'Excellence en Energie Décarbonée qui se sont vus attribuer 1 milliard d'euros – ont pour objectif de favoriser les partenariats public / privé pour faire de la recherche ensemble et amener à sa valorisation et à sa diffusion. Ensuite, des démonstrateurs pour les énergies décarbonées et pour les réseaux électriques intelligents ont été mis en place. L'étape de démonstration est traditionnellement une étape coûteuse, le retour n'est pas garanti, donc le risque est difficile à prendre. De la même façon, sur le véhicule du futur, l'objectif est toujours la démonstration. Comment montrer que la technologie est viable et peut ensuite être commercialisée ? La recherche dans le nucléaire est maintenue, pour soutenir la position de la France.

Mme THABET souligne également que ces investissements permettent la mise en place d'un processus de gouvernance nouveau, avec les nouveaux acteurs que sont les opérateurs. Le commissariat général aux investissements, responsable de l'ensemble du dispositif, a contractualisé avec différents opérateurs qui, eux, sont en charge du suivi des projets et de leur mise en place, puis de l'organisation d'appel à projets, dans un dispositif concurrentiel, de jurys internationaux le cas échéant. Mais la décision finale appartient au Premier ministre. Puis les opérateurs sont à nouveau responsables de la contractualisation avec chacun des lauréats et ensuite du suivi des projets.

Ces investissements d'avenir posent de nouveaux enjeux pour les pouvoirs publics. Le premier enjeu est de faire intervenir plusieurs ministères. La Direction générale de l'énergie et du climat travaille ainsi de façon très étroite avec la Direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services au ministère de l'Industrie, avec la Direction générale de la recherche et de l'innovation au ministère de la Recherche et avec, par exemple, le ministère de l'Agriculture, sur toutes les questions de biocarburants. Par ailleurs, les montants engagés sont importants : les projets de démonstrateurs pour les IEED peuvent coûter jusqu'à 70 millions d'euros.

De plus, les investissements d'avenir doivent être rentables, c'est-à-dire qu'ils doivent avoir des retombées économiques industrielles pour le pays. Pour le cas des énergies décarbonées et des nouvelles technologies de l'énergie, ces investissements doivent permettre de répondre aux enjeux énergétiques et climatiques de demain. Concrètement, quand on finance un projet, une partie de l'argent est versée en subvention et une partie en avance remboursable, c'est-à-dire que l'acteur public demande un retour sur ce qui a été donné, par exemple sur des brevets déposés ou sur la diffusion des technologies. Peut-on financer un projet qui est très innovant, important pour le changement climatique, mais dont la technologie va être industrialisée ailleurs ? Tel est le genre de questions qui se pose continuellement.

Deux autres contraintes apparaissent : comment maximiser l'effet levier des financements publics ? Comment être sûr que la technologie n'aurait pu être développée sans le financement public ?

Mme THABET aborde enfin les résultats, qui est plutôt un point d'étape sur la sélection des projets. 9 IEED ont été sélectionnés : le montant global accordé est de 840 millions d'euros, avec entre 20 et 60 millions d'euros par IEED. 4 d'entre eux concernent les biocarburants, la chimie verte, et les processus biosourcés. Ils s'appellent INDEED, PIVERT, Greenstars et IFMAS. France Energies Marines concerne les énergies marines, IPVF, le photovoltaïque en Île-de-France. Supergrid, concerne les *Smart Grids*, réseaux intelligents, électronique de puissance, Géodénergies, la géothermie et VeDeCoM, la mobilité, donc les véhicules électriques.

L'ADEME fonctionne par appel à manifestation d'intérêt. 28 appels à manifestation d'intérêt ont été lancés. 370 projets reçus, 53 engagés pour l'instant. Donc, il y a quand même une grande sélectivité. Plus d'un milliard d'euros de crédits a été engagé, soit à peu près 40 % du montant global des crédits de l'ADEME. Les projets couvrent toutes les énergies décarbonées pour lesquelles des acteurs français capables de répondre ont été trouvés – 5 sur les énergies renouvelables, donc solaire, éolien, énergies marines, 3 sur la chimie du végétal, biocarburant et 6 sur l'usage de l'énergie, bâtiments intelligents, réseaux.

Mme THABET donne l'exemple de deux projets : celui de Soltec, entreprise de microélectronique qui s'est orientée vers le solaire pour trouver une nouvelle cellule permettant d'avoir un meilleur rendement. Le deuxième projet est mené par une *start-up*, sur une technologie plus nouvelle. Il s'agit d'améliorer les procédés de fabrication, et d'optimiser les différents composants pour avoir encore un rendement supérieur. Ces projets ont une durée de vie de 5 ans.

Le projet INDEED a pour objet de développer l'usine décarbonée du futur. Les partenaires sont Arkema, GDF Suez, Rhodia, les gros industriels de la chimie, qui s'orientent vers la chimie verte. Pour cela, ils développent trois programmes de recherche : un programme sur l'économie circulaire, c'est-à-dire le recyclage des différents flux qui traversent l'usine ; un programme sur les bioénergies, un programme sur le procédé bas carbone pour limiter la consommation d'énergie dans le système de production.

En conclusion, Mme THABET rappelle que le dispositif investissements d'avenir est un défi à cause de l'ampleur financière et globale des enjeux, qui a nécessité une évolution des comportements des acteurs publics, et de leur façon de mettre en place de nouvelles modalités de travail. Il faut ensuite réaliser non seulement des arbitrages, mais aussi des paris sur l'avenir, dont le résultat ne sera connu que plus tard.

**Daniel DELALANDE** propose d'aborder les questions du public, notamment sur les choix qui ont été faits. Il retient particulièrement le choix d'un refus de spécialisation dans une technologie en faveur d'une diversité de technologies. Il s'interroge notamment sur le protocole d'évaluation pour juger de l'efficacité d'un certain nombre de projets.

**Un participant** s'interroge sur le plan sémantique quant à l'expression « investissements d'avenir »... Cela signifie-t-il que tous les autres investissements économiques ne sont

pas d'avenir ? Les investissements d'avenir sont-ils financés par le grand emprunt ? S'agit-il d'investissements dont la rentabilité est à très long terme ?

**Un participant** interroge M. GLACHANT sur les moyens de renforcer la standardisation à l'échelle européenne et internationale, puis Mme THABET sur le taux de retour attendu des investissements d'avenir. Est-il identique pour tous les secteurs et tous les projets ? Quel est l'horizon temporel ? Par ailleurs un projet était localisé en France et dans l'Union européenne. Il s'interroge sur ce que cela recouvre.

**Antoine FERAL, Groupe MICHELIN** souhaite connaître les prochaines priorités et les prochains appels à manifestation d'intérêt auxquels s'attendre de la part du Commissariat général à l'investissement – CGI. Il souhaite également savoir si les changements politiques récents vont entraîner des orientations nouvelles, des engagements nouveaux ou de nouvelles priorités.

**Soraya THABET** explique que le choix d'un panel large de technologies a été fait, mais puisque l'objectif est de financer des projets en France, l'ADEME regarde d'abord s'il existe des acteurs en France qui ont un potentiel pour développer le projet. Ces investissements sont articulés avec les financements européens du NER 300, programme européen qui consiste à vendre une partie de la réserve des quotas carbone des nouveaux entrants. Les fonds mobilisés doivent permettre de financer des projets.

Les investissements d'avenir proviennent bien des fonds du grand emprunt. L'idée est de donner un élan économique et industriel nouveau à la France et à ses entreprises, pour un retour en termes d'emploi, de croissance économique. L'idée d'« avenir » fait effectivement référence au long terme, mais la rénovation de l'habitat par exemple fait appel à des projets de plus court terme.

Chaque opérateur dépense un tiers de sa dotation en subvention directe, un tiers en avance remboursable, et un tiers en prise de participation dans les entreprises. L'avance remboursable signifie que le bénéficiaire devra rembourser l'aide en partie, avec à chaque fois des conditions négociées projet par projet. Les taux de retour demandés ne sont pas homogènes, ils sont négociés au cas par cas.

Mme THABET souligne ensuite qu'elle n'a pas été informée pour l'instant d'une réorientation des priorités, mais qu'un nouveau commissaire général a été nommé.

Les appels à manifestation pour les IEED sont clos. L'ADEME va lancer de nouveaux appels à manifestation d'intérêt, mais aucun n'a fait l'objet de communication officielle pour l'instant.

**M. GLACHANT** a travaillé sur la standardisation du véhicule électrique. Il retient qu'il s'agit d'un domaine où l'État doit être très modeste, stratégique, intelligent. Il doit toujours l'être, mais plus que dans d'autres domaines. Certaines standardisations se font très bien sans l'État, le fichier PDF par exemple. L'État doit aussi accompagner la standardisation réalisée par les entreprises, mais elle se fait souvent à un niveau international.

M. GLACHANT est par ailleurs membre du comité national des aides d'investissements d'avenir et il participe à la sélection des projets. Il compare le programme

« investissements d'avenir » au « crédit impôt recherche » qui consiste à rembourser une partie des dépenses R & D des entreprises. Il est alors difficile de savoir si l'entreprise aurait fait cette dépense ou non sans les pouvoirs publics. De ce point de vue là, les investissements d'avenir ne sont pas des projets « rentables ». Ils ne sont pas rentables pour l'entreprise, mais pour la société. Ce sont aussi des projets risqués, cela veut dire que certains seront des échecs. C'est le risque de l'innovation.

Point négatif, c'est un dispositif où, pour des raisons politiques, il a fallu dépenser l'argent en deux ans. Cela ne s'est pas fait dans de bonnes conditions. Il s'agit par ailleurs de sommes importantes, ce qui suppose un biais en faveur des grosses entreprises, plutôt que des start-ups.

**Un participant** souhaite prolonger les débats sur la différence entre rentabilité financière ou rentabilité propre et rentabilité sociale. Cette différence a trait aux externalités et il n'a pas l'impression qu'une réflexion ait été menée sur les effets externes. Les objectifs d'emploi et de développement sont flous. Ce n'est pas la bonne façon de dépenser l'argent public.

**Soraya THABET** estime qu'aujourd'hui, avec une approche assez pragmatique, les acteurs publics essaient de prendre en compte les différents impacts. Mais il est impossible de donner une estimation fiable du potentiel sur l'emploi et de l'impact sur la croissance économique du financement d'un projet dans dix ans. Ensuite, les acteurs, dans les différents secteurs, donnent des retours plutôt positifs sur le dispositif, qui a créé un élan.

## Comment repenser la mobilité dans le secteur des transports

**Jean LATERRASSE** (*Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR) – Laboratoire Ville Mobilité Transport*) souhaite évoquer le sujet de la mobilité dans le secteur des transports et son évolution en se focalisant sur la mobilité des personnes.

D'où vient le modèle de mobilité actuel ? L'essentiel de la rupture du point de vue de la mobilité des personnes se situe au moment de la révolution industrielle. Jusque-là, la mobilité était extrêmement locale, peu développée. La mobilité est devenue quotidienne, systématique et progressivement s'est mis en place le déplacement domicile – travail.

Autre élément évidemment lié à la révolution industrielle : la mécanisation des déplacements, qui permet de se déplacer de plus en plus loin pour un temps donné. C'est le tramway qui a commencé à structurer les agglomérations, notamment à travers les digitations partant des noyaux centraux des centres urbains. Puis, progressivement, l'automobile a fait son apparition dans les années 1920. Et le développement spectaculaire de l'automobile a atténué considérablement le rôle des transports publics.

L'ensemble de ces évolutions, après la Seconde Guerre mondiale, s'est traduit par un changement d'échelle en matière d'urbanisation, la métropolisation, et par la généralisation du phénomène d'urbanisation à l'échelle planétaire.

L'augmentation de la vitesse a permis l'évolution appelée conjoncture de Zahavi. Plus l'on va vite dans un temps qui est fortement contraint par les modes de vie quotidiens, plus il est possible de se déplacer sur des distances importantes. Le développement d'infrastructures routières rapides a fortement porté cette expansion urbaine. Corrélativement, le prix de l'énergie est resté relativement bas. Le prix d'utilisation de la voiture individuelle a même légèrement décliné. Ces gains de vitesse permettent d'accéder à des espaces de plus en plus importants, à des zones périurbaines où le prix du foncier est moins cher que dans les centres-ville, ce qui s'est traduit par un phénomène d'étalement urbain.

Lorsqu'on réfléchit aux déterminants de cette mobilité, il faut regarder la structure des coûts, en intégrant le temps passé dans les transports. Sans surprise, on voit que les transports collectifs sont plutôt intéressants en termes de coût pour l'utilisateur dans le centre ou dans la zone centrale. Et qu'à l'inverse, la structure des coûts pour la voiture individuelle varie dans l'autre sens, c'est-à-dire que la voiture coûte plus cher en zone urbaine. En revanche, son utilisation est plus intéressante pour l'utilisateur en zone périurbaine. Les structures de coût pour la collectivité sont assez voisines.

Il est intéressant de noter également que les coûts sont liés à la consommation du temps. On peut estimer à entre 10 et 11 euros le coût par heure passée dans les transports. Ce coût-là est le plus important dans l'ensemble des coûts.

Lorsqu'on parle des comportements, on a parfois tendance à stigmatiser les gens qui prennent leur voiture. En réalité, dans bien des cas, les gens prennent leur voiture tout simplement parce que cela leur permet non seulement de gagner du temps, mais de réaliser un programme d'activité qu'ils ne peuvent pas réaliser de la même façon s'ils utilisent les transports collectifs.

Si l'on compare Portland aux États-Unis à l'ensemble de la région Île-de-France – avec des populations d'environ 2 millions d'habitants – on voit que cet effet de dilatation de la ville dans l'espace est encore beaucoup plus important en l'Amérique du Nord. À l'inverse, il est nettement plus faible en Afrique ou en Asie. C'est lié essentiellement aux performances des systèmes de transport et au fait que, par exemple aux États-Unis, c'est le système d'autoroutes qui permet d'avoir une portée des déplacements à peu près trois fois supérieure à celle que nous avons en Île-de-France, parce qu'on va plus vite avec ces autoroutes que dans la métropole francilienne.

Ce modèle est aujourd'hui remis en cause. D'abord, les marges en termes de gains de potentiel de vitesse se sont considérablement réduites. Les gains de vitesse sont plus difficiles à obtenir et ils coûtent beaucoup plus cher. Deuxième élément, la crise de l'énergie. Elle concerne à la fois la production de l'énergie, mais aussi les usages. Et quand on parle notamment du changement climatique, c'est pour une part non négligeable la consommation qui est en cause, en particulier dans le domaine du transport.

Autre élément, l'efficacité des systèmes de transports collectifs confrontée aux deux éléments précédents se trouve elle-même insuffisante pour faire face aux défis de l'avenir. Les transports collectifs sont très efficaces par rapport à la voiture personnelle dans tous les déplacements qui ont pour origine ou pour destination Paris. C'est là l'illustration

parfaite d'un modèle radiocentrique. Les grandes infrastructures de transport se sont développées en étoile autour de Paris. C'est une situation assez générale. Sur tous les autres types de liaison, entre la petite couronne et la grande couronne notamment, les performances des transports collectifs ne sont pas au niveau de ce qu'il faudrait aujourd'hui pour répondre au défi du développement durable. Il faudra donc envisager des investissements lourds du côté des transports collectifs.

Au niveau des trois couronnes parisiennes, on observe que de plus en plus les déplacements liés notamment à la mobilité quotidienne sont des déplacements de rocade. Ils se font à peu près exclusivement en voiture individuelle.

Autre déterminant, la question des technologies. La société a tendance à rechercher dans des évolutions technologiques des solutions à la difficulté dans laquelle on se trouve du point de vue du modèle de mobilité. Mais elles ne suffiront pas à apporter les réponses aux problèmes auxquels les populations sont aujourd'hui confrontées.

L'association des constructeurs européens de l'automobile montre que, sur une quinzaine d'années, les performances des moteurs ont été améliorées de façon considérable : pour un véhicule de gamme moyenne, 28 %. Mais 20 % de ces 28 % ont été happés par les évolutions réglementaires, par les évolutions liées au progrès du confort, de la sécurité, etc. C'est pourquoi l'évolution des technologies ne suffit plus à apporter les réponses aux problèmes précédemment évoqués.

Les principales variables d'action sont les politiques tarifaires, l'évolution de l'offre en termes de transports collectifs et l'aménagement de l'espace. La marche à pied et les transports collectifs sont beaucoup plus utilisés à Paris qu'en banlieue et en banlieue qu'en grande couronne, pour des raisons qui renvoient à la morphologie du tissu urbain. Paris est de ce point de vue une ville compacte, bien desservie par les transports collectifs. Et même si en moyenne le niveau de vie de la population est plutôt supérieur à ce qu'il est en banlieue, l'équipement des ménages en voiture est nettement plus faible qu'en banlieue.

Autre exemple : Brasilia. Il s'agit d'une ville emblématique avec un ensemble de monuments qui sont, sur le plan architectural, de grande qualité. Mais elle a été conçue sur le principe du zonage, c'est-à-dire une zone, une fonction. Cela induit des déplacements très importants en nombre et en distance.

Autre question : le prix de l'immobilier. Une des motivations importantes dans l'allongement des distances quotidiennes, domicile – travail, c'est tout simplement la rigidité du marché immobilier sur la région Île-de-France, qui est évidemment un facteur important.

Comment penser un nouveau modèle ?

Premier élément : il faut raisonner à l'horizon 2050, tout simplement parce qu'en termes d'aménagement, cela donne des marges suffisantes pour appuyer le raisonnement, et aussi parce que le modèle de mobilité actuel a, de même, une cinquantaine d'années.

La tarification de l'usage de l'espace peut être assez novatrice. Il peut s'agir par exemple du péage urbain, ou de politiques intelligentes en matière de tarification du stationnement. Cela peut être beaucoup plus adapté, beaucoup plus équitable, beaucoup plus en relation avec l'équipement plus ou moins important en transport collectif, donc c'est un élément tout à fait essentiel. Le prix d'utilisation de la voiture individuelle dans ce scénario-là va doubler au regard de l'évolution des revenus à l'horizon 2050, à la fois du fait d'une évolution du prix de l'énergie, du prix de l'entretien du véhicule et également d'une évolution des tarifications de l'usage de l'espace public pour les véhicules individuels.

Deuxième élément : le renforcement de l'offre de transports publics, et notamment le maillage des réseaux au niveau de la banlieue, le cadencement et le confort.

Troisième élément, le transport comme outil d'aménagement. Le transport ne doit plus être vécu simplement pour aller d'un point A à un point B comme une sorte de tuyau qui permet de relier les points, mais doit être pensé comme un morceau de ville et comme un outil essentiel pour l'aménagement urbain.

La règle des « 3D », c'est la densification des espaces, notamment au niveau des banlieues ; c'est la diversité fonctionnelle, la mixité des fonctions à l'intérieur de mêmes espaces, ce qui demande de l'organisation, de l'intelligence en termes d'aménagement ; puis sur le design, à la fois le maillage des réseaux et bien entendu tout ce qui concerne la qualité architecturale, la qualité urbaine, le cadre de vie.

L'aménagement de la départementale 5 à Vitry/Seine est exemplaire en ce sens. Il s'agit d'une ville de banlieue avec peu de qualité architecturale en tant que telle, mais le projet s'est structuré autour d'un axe, qui en l'occurrence est un axe de transports collectifs avec des bus articulés. Le système de transport est assez performant, avec un cadencement important des bus. Tout un travail de diversité fonctionnelle a été fait, c'est-à-dire que le parti a été pris de relocaliser toutes les fonctions de centre-ville autour de cet axe structurant.

Sur le Projet Grand Paris, l'axe Sud notamment est intéressant, en termes de densification, notamment des zones de banlieue. Le prolongement de la ligne 14 est également intéressant. Deux remarques critiques néanmoins : le système de transport a été pensé sans prise en compte des problématiques d'aménagement. La Société du Grand Paris le fait après coup maintenant avec les collectivités territoriales. Deuxièmement, il ne faut pas oublier le prix de cette infrastructure, mais aussi l'ensemble des éléments nécessaires à la mise en place de dessertes complémentaires pour permettre de donner toute son efficacité à cette infrastructure.

Un modèle a été réalisé pour l'Île-de-France, la proportion de transport collectif passerait de 9 % aujourd'hui à 25 %. La mobilité évoluerait positivement. Elle serait plus équitable et mieux répartie entre les différentes couches sociales. L'ensemble des opérations de restructuration de l'espace, de relocalisation des fonctions notamment, s'accompagnerait d'opérations de reconstruction qu'on peut évaluer à 30 % du cadre bâti existant. Cela aussi va dans le bon sens puisque cela permettrait de remplacer des immeubles existants avec des qualités énergétiques médiocres par des immeubles beaucoup plus performants sur le plan énergétique.

Cette évolution vers des modes plus « doux », des distances de déplacement de moindre portée, un paysage urbain moins colonisé par la voiture individuelle supposent le développement de politiques publiques vigoureuses, et une continuité dans le temps long de ces politiques publiques, notamment en termes d'aménagement de l'espace.

## LE VÉHICULE ÉLECTRIQUE

**Antoine FÉRAL** (*Groupe MICHELIN*) travaille à la Direction prospective et développement durable. Il présente la vision du groupe Michelin du véhicule électrique, qui n'est pas nécessairement la vision de tous les constructeurs, mais qui est en harmonie avec les grandes tendances. L'essence du message qu'il délivre est que, seul, le groupe Michelin n'arrivera pas à faire naître cette filière électrique. De multiples partenariats doivent être tissés et des expériences et démonstrations doivent être réalisées sur les territoires en France et ailleurs. Le Groupe Michelin est prêt à s'engager et à initier ces expériences.

Michelin est connu pour ses activités pneumatiques, pour ses activités cartes et guides également, mais le groupe a développé depuis quelques années un engagement nouveau dans le domaine du véhicule électrique, véhicule décarboné. Michelin organise de grands événements sur la mobilité propre, mais son engagement se veut encore plus concret.

Les chiffres sur la part des transports dans la contribution des gaz à effet de serre, sur la congestion, l'insécurité routière, la raréfaction de matières premières, du pétrole, préoccupent véritablement le groupe, qui suit ces problématiques en partenariat avec des organisations internationales, comme l'IEA, l'Agence Internationale de l'Énergie basée à Paris, l'UNEP, le programme des Nations Unies pour l'environnement basé à Nairobi, et l'Union européenne à Bruxelles.

À partir de ces constats, comment agir, comment interagir pour avoir notamment dans les villes, mais aussi dans les campagnes, une mobilité plus propre ?

Si l'on postule que les Français sont d'accord quant à l'arrivée du véhicule électrique, comment travailler pour que ce véhicule électrique soit davantage connu, reconnu, qu'il y ait une vraie filière en France du véhicule électrique ? Il faut réfléchir en termes de nouveau modèle économique. On passe d'un véhicule utile dans ses déplacements à une notion de mobilité. C'est la propriété *versus* l'usage, l'utilité pour un point donné.

Le lancement rapide d'expérimentations sérieuses au niveau des infrastructures est faisable. Il faut pour cela éviter effectivement la fragmentation des efforts, éviter de développer des standards pour ses propres intérêts, pour servir tel ou tel *business*.

Au niveau de la motorisation électrique pure, il y a bien sûr des enjeux au niveau de la batterie, mais des progrès considérables en termes de technologie, en termes de coût pour les batteries au lithium par exemple, ont été faits.

Les deux axes forts sont – une réduction importante de la consommation d'énergie – et cela peut se faire notamment par la réduction de la masse du véhicule – et l'apport de nouvelles fonctionnalités. Le véhicule de demain, qu'il soit électrique, à pile à combustible

ou autres, doit être sexy, attractif, pouvoir proposer de nouveaux services. Il faut travailler sur ces nouvelles fonctionnalités.

Pourquoi un véhicule consomme-t-il autant d'énergie aujourd'hui ? Lorsqu'on va à la pompe, un plein sur cinq sert à faire avancer le véhicule. C'est la question de la résistance au roulement. Lorsqu'on parle de mobilité plus propre et notamment en mobilité urbaine, il faut travailler sur cette question de résistance au roulement. Il est possible de gommer les forces d'inertie, les forces d'aérodynamisme, car le véhicule électrique a une résistance au roulement avec un rôle du pneu beaucoup plus grande. Des produits sont développés dans le domaine tourisme et camionnette, mais également pour que les pneus aient une résistance plus grande aux chocs trottoir, à des usages typiquement urbains, avec des adaptations spécifiques anti-vandalisme pour des services type Autolib.

Au-delà du pneu, Michelin a travaillé sur les questions de motorisation. Nissan dit que « Le véhicule de demain sera un véhicule avec un moteur intégré à la roue et avec des possibilités techniques différentes de ce qu'on connaît aujourd'hui ». Michelin a travaillé sur l'*Active Wheel* qui place toutes les fonctionnalités du véhicule traditionnel dans un pneu, dans une roue, avec un moteur de suspension électrique, pour réagir aux obstacles rencontrés sur la route. Avec ce type de produit, on obtient de nouvelles sensations, de nouveaux avantages en termes de sécurité. Sur la gestion du véhicule, il n'y a plus de châssis, de roulis, de tangage. En terme de design, cela laisse place à toutes les idées créatrices en la matière. Il y a par ailleurs un véritable confort avec cette suspension. Les performances sont également tout à fait intéressantes.

Michelin a également développé un véhicule *Will* sur la base d'une Opel Agila, avec cette performance-là : 5 sièges, de 0 à 100 km/h en 12 secondes, une autonomie en trois tranches : 150, 200 ou 350 km selon le type de batterie. Il s'agissait de bien montrer que le véhicule électrique peut avoir une certaine autonomie.

En janvier 2009, suite aux États généraux de l'automobile à Bercy, Michelin a décidé, avec Valeo, de créer, selon les termes de J.-L. Borloo, « une équipe de France du véhicule électrique ». La France a un spécialiste mondial de la batterie, Johnson Controls-Saft, Leroy-Somer est spécialiste mondial et européen du moteur, Leoni le numéro 1 mondial du câblage, GKN pour la transmission, Valeo pour la chaîne de traction, Michelin dans la partie pneumatique et dans la motorisation électrique. La compétence existe en France, et les enjeux en termes d'emploi, en termes de création de filières de formation sont importants.

La Poste a joué une mission d'agrégateur de la demande pour lancer les 100 000 premiers véhicules auprès des collectivités et des entreprises qui se sont manifestées, Orange, Bouygues et autres.

Le consortium s'est ensuite tourné vers les pouvoirs publics. En septembre 2008, le gouvernement a dégagé 400 millions d'euros pour créer cette filière électrique. L'ADEME a joué le rôle d'opérateur, pour faciliter les échanges entre grands groupes et équipementiers. C'est un enjeu clé de compétitivité : les Chinois ont des projets qui prévoient 50 millions de véhicules électriques à l'horizon 2020.

Aujourd'hui, le consortium peut produire des démonstrateurs. Ce qui est critique et ce qui est prioritaire, c'est de développer des petites flottes. C'est le message qu'il convient de faire passer au Commissariat général à l'Investissement. Il faut donner des moyens aux acteurs, aux constructeurs, aux équipementiers pour développer ces flottes expérimentales. Il faudra développer notamment les tous petits véhicules, une place ou deux places, qui servent un usage typiquement urbain. De nombreuses collectivités locales souhaitent travailler sur ces segments.

Le véhicule décarboné de demain doit aussi être un véhicule communicant. Il faut pouvoir le paramétrer à distance, dans le cas des véhicules de location par exemple.

Après le véhicule électrique, Michelin a déjà entamé l'étape de la pile à combustible. Le ministère de l'Écologie a organisé en octobre une réunion sur le sujet. Une cinquantaine d'acteurs étaient présents. Michelin a donc participé avec d'autres à la renaissance de l'AFHYPAC, de l'Association française de l'hydrogène et des piles à combustible. Michelin a commencé à travailler sur le Territoire de Belfort, pour développer une petite flotte de véhicules à hydrogène. Le Groupe travaille également sur les navettes nautiques à La Rochelle. Il y a évidemment un avenir à des bateaux moins polluants, plus silencieux et plus propres. Dans le domaine aéronautique aussi, il faut envisager des solutions de production d'énergie, quand tous les circuits électriques sont arrêtés, pour faire atterrir l'avion.

Il paraît par ailleurs important de fixer des objectifs motivants, comme des zones zéro émission d'ici 2030 dans les villes. Pourquoi ne pas également réduire les émissions de CO<sup>2</sup> à 50 grammes. ? Le stop and start est une révolution. On doit pouvoir aller vers d'autres évolutions de ce genre en faisant coopérer davantage les secteurs public et privé. Ces partenariats sont source de création de filières.

**Daniel DELALANDE** remercie Antoine Féral pour sa présentation. Il souligne que la mise en place de zones d'actions prioritaires pour l'air, les ZAPA, est importante.

## **ÉCHANGES AVEC LA SALLE**

Un participant s'adresse à M. LATERRASSE. Il explique que le transport des marchandises et la logistique consomment beaucoup d'espaces aux marges des villes. La question de l'organisation des villes et de la logistique des infrastructures qui sont liées est donc importante. Existe-t-il des travaux sur ces questions ? La deuxième question concerne les technologies de recyclage du lithium, à peu près inexistantes aujourd'hui : quelle est la capacité réelle de production de voitures électriques ? Ne s'agit-il pas d'une micro-niche pour riches qui va vite trouver ses propres limites du fait de la rareté des ressources ?

Une participante demande à Antoine Féral si les émissions dues à la production de l'électricité et à la production de l'hydrogène ont été intégrées au modèle.

**Jean LATERRASSE** reconnaît que les zones logistiques, les entrepôts, les zones de stockage se sont de plus en plus éloignés des centres-ville. Elles se situent en grande couronne, voire dans l'Yonne, en dehors de la région Île-de-France. C'est la même logique que pour le transport de passagers. Il faut travailler sur les zones de stockage, avoir des

zones d'éclatement dans la proximité des zones denses voire dans les zones denses pour certains types de colis. Il convient de réfléchir également sur la question de l'organisation et des pratiques d'acteurs, mettre en place par exemple des chartes de bonne conduite sur l'aménagement et les zones de livraison. Cet ensemble de mesures permet d'avoir des circuits de distribution plus adaptés. Des études sur le sujet existent depuis 15 ans, d'ailleurs fortement relayées au niveau de la Commission européenne. Les villes ont aussi des responsabilités en matière d'organisation des livraisons.

Ensuite, M. LATERRASSE revient sur la question du prix de l'énergie. Selon lui, le développement de pratiques plus vertueuses et une meilleure valorisation d'un certain nombre de technologies propres passent aussi par l'augmentation du coût de l'énergie. L'hydrogène, c'est par ailleurs aussi une façon de stocker de l'énergie.

**Antoine FÉRAL** répond que la raréfaction de matières premières n'est pas un souci pour faire décoller cette première vague de véhicules électriques – 100 000 en France et des millions ailleurs. Ensuite, d'autres technologies sont en train d'être travaillées, phosphate de fer et autres.

Michelin recense pour l'instant toutes ces initiatives et va publier un ouvrage qui fera un état de l'art mondial. Le groupe travaille avec les dix grands acteurs mondiaux du sujet.

Sur la production d'électricité, il répond que le véhicule électrique a tout à fait sa légitimité et que le coût de production de l'énergie est pris en compte. Le véhicule électrique a sa place dans un pays comme la France et peut permettre de réduire les émissions de CO<sup>2</sup>.

**Daniel DELALANDE** estime qu'il faudra réaliser de nouvelles études sur l'ACV du véhicule électrique. Pour recharger le véhicule électrique, il faudra faire appel soit à la puissance nucléaire, soit à la puissance thermique. La question du temps de recharge se pose, que ce soit chez les particuliers ou en collectivité territoriale.

**Antoine FÉRAL** revient sur l'hydrogène, et répond que tout dépend de la façon dont l'hydrogène est produit. Avec 55 m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques chez Bricorama, Michelin arrive, grâce au processus d'électrolyse, à faire faire 20 000 km/an aux véhicules hydrogènes. Par ailleurs sur les ZAPA, il faut une volonté politique forte. Par exemple, le maire de Leipzig ne fait plus rentrer que des véhicules électriques dans son centre-ville.

**Daniel DELALANDE** souligne néanmoins qu'avec les zones d'actions prioritaires de l'air, au-delà des problèmes techniques de mise en place, il s'agit aussi de savoir qui possède les véhicules les plus polluants, cela pose des questions concernant les inégalités sociales, etc. Pour les ZAPA, il faut préparer le terrain techniquement, économiquement et socialement en amont pour arriver à les mettre en place. La technologie aide, mais ne suffit pas. Il y a bien nécessité de politiques d'accompagnement.

**Antoine FÉRAL** rappelle qu'il y a deux ans de cela, la DG MOVE a lancé un réseau de 21 villes pour l'électrique, pour travailler sur ces questions-là. Elle a essayé de mobiliser les villes françaises, sans succès.

## LE SECTEUR ÉNERGÉTIQUE DE DEMAIN

**Patrice GEOFFRON** (*Université Paris Dauphine – Chaire d'économie du climat*) **introduit le thème en précisant la difficulté de l'exercice liée à la définition du « secteur énergétique de demain » et même du « demain ».** Il remarque qu'il existe peu de domaines d'activité dans lesquels on se soit obligé à penser aussi loin l'intégralité du changement d'un secteur. « Demain » en matière énergétique, c'est de fait mécaniquement loin dans le temps. Cela suppose toute une série d'étapes qui conduisent à 2030 par rapport aux premiers enjeux, et à 2050 pour une étape plus lointaine.

Il souhaite évoquer tout d'abord la contrainte dans la définition d'un modèle énergétique. Il faut prendre un virage, qui sera beaucoup moins compliqué dès lors qu'on aura passé 2030. À cette date, on peut imaginer un certain nombre de technologies nouvelles, économiquement soutenables, c'est-à-dire qu'on peut développer non pas simplement en laboratoire, mais déployer dans des systèmes assez larges. Après 2030 par exemple, on a l'espoir de pouvoir stocker de l'énergie, de l'électricité assez massivement et sous une forme soutenable économiquement. Aujourd'hui, on ne sait pas faire, si ce n'est sous forme d'eau qui devient ensuite de l'électricité, mais dans des quantités insuffisantes.

La situation paradoxale actuelle est que le développement des énergies renouvelables, élément central des systèmes énergétiques de demain, s'accompagne d'une montée de l'intermittence. Pour avoir de l'énergie éolienne, il faut du vent. Pour avoir de l'énergie solaire, il faut du soleil généralement. C'est difficile à gérer sans possibilité de stockage de l'énergie.

Il faut donc prendre le virage avec le portefeuille actuel de technologies, en mettant peu à peu dans ces systèmes des technologies nouvelles qui vont gagner en maturité. Avant la première révolution industrielle, les systèmes étaient relativement stables, on utilisait de la biomasse et finalement, on n'émettait pas de CO<sub>2</sub>. Aujourd'hui, la France produit plus de 30 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub>. Si rien n'est fait, en 2035, elle en sera à 45 milliards de tonnes. Or, le maintien de la température à 2° suppose plusieurs actions, dont certaines sont d'ores et déjà possibles, comme tout ce qui relève de l'efficacité énergétique, alors que pour d'autres soit on ne sait pas faire soit elles sont très coûteuses ;

Certaines technologies posent encore question. Le nucléaire par exemple, le CCS (Capture et Séquestration de carbone) ensuite. L'idée est qu'au lieu de laisser le CO<sub>2</sub> à la sortie d'une centrale à charbon partir dans l'atmosphère, on le capture et on le transporte. Le carbone revient ainsi à l'endroit d'où il vient. Mais économiquement et techniquement, on ne sait pas encore très bien faire.

Les Allemands fournissent beaucoup d'efforts sur l'efficacité énergétique et le renouvelable. Néanmoins, ils ont l'obligation de continuer à utiliser du gaz et du charbon, ce qui soulève toute une série de questions. Il est donc important pour eux de capturer ce CO<sub>2</sub>, sauf qu'aujourd'hui il n'y a plus d'expérimentations en Allemagne pour capturer le CO<sub>2</sub> parce que l'acceptabilité par les populations, notamment, ne fait pas consensus.

Les effets de levier vont donc différer selon les zones du monde. Pour avoir une idée de la dynamique, il est intéressant de différencier les vieux pays des pays plus jeunes. À

l'horizon 2035, défini par l'Agence Internationale de l'énergie (AIE), la Chine et les pays émergents vont avoir besoin de développer toutes les filières énergétiques, donc d'utiliser plus de pétrole et plus de charbon, ce qui en termes d'émission de CO<sup>2</sup> est très mauvais. Or à cet horizon, d'une part on n'aura pas développé les capacités de capture et d'autre part les émissions les plus fortes dans l'usage du pétrole venant largement du transport il est impossible, à fortiori, de capturer le CO<sub>2</sub> émis par ce secteur.

Dans les systèmes énergétiques de demain, on anticipe le fait que les pays les plus riches pourront être plus sobres dans l'usage des énergies fossiles qui sont les plus émettrices de CO<sup>2</sup>, mais personne ne se passera totalement à cet horizon d'énergies fossiles. Et par ailleurs, il y a une hiérarchie dans les énergies fossiles. Par exemple, en utilisant du gaz pour produire de l'électricité, on émet à peu près deux fois moins de CO<sup>2</sup> que lorsqu'on utilise du charbon. Il faudrait aboutir à une substitution en matière d'électricité entre le gaz et le charbon, jusqu'à ce que des technologies de rupture apparaissent. Il faut donc essayer de piloter la transition, mais cela suppose que les grands pays charbonniers que sont les États-Unis, la Chine, l'Inde, opèrent cette transition.

Les énergies renouvelables, comme le photovoltaïque et l'éolien, pèsent peu à l'heure actuelle dans les systèmes. En revanche, il faut poursuivre cet effort si l'on souhaite que la maturité de ces technologies introduise ensuite des ruptures, notamment lorsqu'il existera des capacités de stockage de l'électricité produite le jour pour l'utiliser la nuit.

Cet effort peut être difficile à soutenir économiquement. Le débat a eu lieu en France sur les tarifs garantis en matière de photovoltaïque par exemple. Ces technologies ne peuvent pas soutenir la comparaison d'une concurrence directe avec les énergies fossiles. Il faut donc assurer le décollage dans des conditions soutenables économiquement, dans un contexte de crise des dettes publiques.

Autre élément, l'agence internationale de l'énergie parle d'« âge d'or » du gaz. Le gaz se combine bien avec des énergies intermittentes, parce qu'il permet de produire de l'électricité assez rapidement. Il peut donc se substituer à une chute du vent en Mer du Nord ou en mer Baltique Mais la difficulté, c'est que l'investisseur sait que la centrale à gaz est appelée à être condamnée, car le développement de l'éolien va prendre de plus en plus de place et, en tant qu'énergie renouvelable, est prioritaire dans l'organisation des systèmes

Autre difficulté, on ne sait pas très bien quelle est la quantité disponible en Europe des gaz et pétroles de schiste. Aux États-Unis, cette quantité est très importante, ce qui permet de modifier l'équation énergétique. Le prix du gaz y est très bas, ce qui a un impact sur le développement d'un nouveau industriel. Ces ressources existeraient aussi en Europe. La question est de savoir jusqu'à quand il ne faut pas utiliser ces ressources dans le contexte macro-économique actuel, qui durera probablement une dizaine d'années.

La durée de vie technico-économique d'une énergie se mesure en décennies. Les centrales à charbon ont une durée de 60 ans. Cela veut dire que si aujourd'hui, notamment sous la pression de la crise, les choix faits ne sont pas les bons au regard de la contrainte des émissions de CO<sup>2</sup>, il faudra assumer ces choix pendant des décennies.

Dans les scénarios définis par le GIEC, on trouve le plus pessimiste : le scénario rouge, +6 degrés, et le plus optimiste qu'il faudrait respecter le scénario vert, +2 degrés. Compte tenu de l'état actuel des industries et des investissements, en 2017, l'AIE nous dit que la consommation saturera complètement le scénario vert. Cela signifie que pour ne pas sortir du scénario à 2 degrés, il faudra qu'à un moment, un pays décide de fermer sa centrale à charbon avant sa fin de vie économique et avant sa fin de vie technique.

Autre obstacle, la vision de ces questions en Europe est assez biaisée, parce que l'environnement conduit à taxer les énergies fossiles et à subventionner en moyenne les énergies renouvelables. Ce n'est pas le cas dans le reste du monde. L'AIE a calculé que le volume mondial des subventions aux énergies fossiles est globalement cinq fois supérieur à celui des énergies renouvelables. Le contrat social russe repose plutôt sur des subventions à l'usage du gaz par exemple.

Autre difficulté, l'agence internationale de l'énergie (AIE), toujours, nous explique qu'à l'horizon 2035, il faudra investir dans les systèmes énergétiques 38 000 milliards de dollars, non seulement pour les verdir mais aussi pour remplacer les infrastructures obsolètes et pour développer des systèmes énergétiques plus modernes dans des endroits où ils n'existent pas. Aujourd'hui, 1,5 milliard de personnes ne sont pas connectées à des systèmes électriques. Des modes de financement dans lesquels s'insèrera moins d'argent public seront à trouver ainsi que des modèles économiques à inventer dans un contexte où les financements privés seront également plus rares et plus chers.

Enfin, à l'intérieur de ce système, la rentabilité ou non de certains investissements se calque encore assez largement sur le prix des énergies fossiles. Or, le prix du pétrole est très difficile à anticiper. L'autre prix directeur, celui du CO<sup>2</sup>, n'est pas plus prévisible.

La question des systèmes énergétiques est éminemment géopolitique. 90% des réserves de pétrole et 80% des réserves de gaz conventionnelles sont dans les pays avec lesquels les pays de l'OCDE n'ont pas nécessairement les relations les plus apaisées. Certains endroits sont particulièrement sensibles, comme le détroit de Malaga ou encore le détroit d'Ormuz que l'Iran menace régulièrement de bloquer. Avec 15% du trafic pétrolier quotidien, l'impact sur les prix du baril est assez difficile à déterminer, mais ils pourraient monter au-delà de 150 dollars. Cette géopolitique fait peser beaucoup d'incertitudes sur la définition des systèmes énergétiques de demain. Le monde des énergies renouvelables a aussi une dimension géopolitique forte.

La France doit regarder du côté de l'Allemagne et de la Grande-Bretagne sur le sujet. D'une part, parce que la France est interconnectée avec l'Allemagne et que les décisions prise chez nous seront interdépendantes de celles prises en Allemagne. Ainsi, les Allemands ayant fermé une centrale électrique dans le sud de l'Allemagne, près de Fessenheim, le transport de l'électricité se trouve encore plus compliqué si l'on ferme Fessenheim. Par ailleurs, le prix de l'électricité français dans l'industrie dépend de la consommation allemande. Et comme les Allemands sont en pointe sur ces sujets, ils défrichent les incertitudes du futur.

Les Britanniques, eux, n'ont pas la possibilité d'être en position de leadership dans les différentes technologies dont il est question. Ils sont dans l'obligation d'être extrêmement inventifs en termes de mécanisme microéconomique d'incitation pour essayer de trouver des solutions impliquant peu d'argent public. Leur dernier budget carbone a été publié en décembre 2011, composé de 120 mesures. Il y a là une boîte à outils dont la France pourra peut-être s'inspirer.

**Pierre-André JOUVET** précise que les subventions à l'énergie fossile s'élèvent à 409 milliards de dollars en 2010.

## LES SMART GRIDS OU RÉSEAUX DE DISTRIBUTION D'ÉLECTRICITÉ INTELLIGENTS

**Cécile GEORGES** (*Commission de régulation de l'énergie*) évoque le sujet des réseaux électriques intelligents. Les producteurs s'appellent EDF, Poweo. Et partout en Europe, le réseau de transport est RTE (Réseau de transport d'électricité). Le réseau de distribution pour 95 % du territoire français s'appelle ERDF.

Mme GEORGES s'occupe de la régulation des réseaux, de la définition des tarifs d'utilisation des réseaux, qui représentent environ 50 % de la facture d'électricité (« tarif d'acheminement »). Elle a également pour mission d'approuver le programme d'investissement pour le transport d'électricité, programme annuel et programme à dix ans. Elle s'intéresse à la qualité, la sécurité, la sûreté des réseaux. Auparavant, le monopole EDF faisait à la fois la production, la fourniture, le transport. Les opérateurs de réseau, RTE et ERDF, sont encore filiales à 100 % du groupe EDF. Ils doivent être au service de tous – tous les producteurs, tous les fournisseurs, tous les consommateurs sans discrimination.

Moins de 5 % des Français font appel au marché, mais cela représente 2 millions de personnes. Mais la réalité vue des industriels, des entreprises, c'est que la moitié de l'énergie consommée en France est achetée sur le marché.

Laissant de côté la régulation, la présentation des smart grids sera faite selon 3 thèmes :

Quels sont les nouveaux usages de l'électricité et les nouveaux stress sur le réseau électrique ?

Quelles sont les nouvelles technologies et les nouveaux acteurs qui les portent ?

Quels défis tout cela pose aux pouvoirs publics et au régulateur en particulier ?

1) Quels sont les nouveaux usages de l'électricité ? Toutes les courbes de projection de la consommation d'électricité en France montent. La première des raisons, c'est que des usages spécifiques de l'électricité, comme la climatisation, augmentent de 7 % par an. Le deuxième type de raison, ce sont les transferts d'usage – véhicules électriques, pompes à chaleur... La croissance de la consommation d'électricité n'est pas forcément néfaste, c'est aussi un moyen d'utiliser moins d'énergies fossiles. Donc, premier stress la croissance de la consommation

Deuxièmement, le développement des énergies renouvelables s'accompagne d'objectifs européens et français ambitieux. L'éolien et le photovoltaïque permettent d'atteindre 30 000 mégawatts de production installée et d'énergie renouvelable intermittente en 2020 en France. Ces énergies nouvelles représentent un quart de la capacité de la production électrique ce qui est absolument colossal en capacités installées, donc en nouvelles localisations par rapport au réseau existant.

Les plus gros potentiels de développement de l'énergie éolienne, c'est en particulier l'éolien *offshore* dans des parcs gigantesques ou du photovoltaïque dans le Sahara. Ce ne sont pas à proprement parler des énergies de proximité. Cela demanderait des capacités de transport colossales à très longue distance. On appelle cela les *Super Grids*, des transports à très haute tension. Les Chinois maîtrisent cette technologie, car ils doivent transporter leur électricité sur de très grandes distances, de l'Ouest vers l'Est.

Si ces immenses projets ne voient pas le jour, il faudra inventer des systèmes de gestion de la tension, sinon, les appareils électriques ne tiendront pas. Ce n'est pas le seul des défis : les énergies qui ont le plus fort potentiel de développement électrique sont intermittentes. Or la prévision météo n'est pas une science exacte. Il faut progresser sur le sujet. Un gestionnaire de réseau de transport allemand, qui représente à peu près un quart de l'Allemagne, montre que la variation entre ce qu'on avait prévu qui serait produit par le parc éolien et ce qui a été réellement produit, , peut, en quelques heures, s'élever à 3 400 mégawatts, soit pas moins d'un quart de la consommation de ce territoire.

RTE a développé, mais il y a encore à faire, le système IPES pour améliorer la prévision, mais cela ne suffira pas. La prévision ne sera jamais parfaite, par définition. Il faudra donc être capable de gérer des écarts. Or, l'une des grandes difficultés, c'est que l'énergie ne se stocke pas, à l'inverse du gaz ou du pétrole, excepté dans la seule technologie complètement mature qui est le stockage hydraulique dans les barrages, dans les lacs.

Localement, pour les petits réseaux, comme dans les îles, les appels d'offres de la CRE sur le développement des énergies renouvelables ont demandé désormais que ces énergies soient associées à un stockage. La proportion d'énergie intermittente était telle dans certaines îles – notamment aux Antilles et à la Réunion – que l'on pouvait se retrouver à certains moments avec plus de production que de consommation, ce qui peut créer un black out de la même manière que si la production est insuffisante.. Il faut alors, soit débrancher l'éolienne, ce qui est techniquement difficile, soit stocker. Mais aujourd'hui, les techniques sont extrêmement coûteuses.

Il y a aussi une tendance générale qui est de dire : « chacun va produire et consommer localement, on n'aura plus besoin de réseau et on ne produira plus de CO2 ». Il faut déjà avoir résolu le problème du stockage. Autre problème illustré par cet exemple : l'été dernier, la production des panneaux photovoltaïques entre midi et deux dans le sud de l'Allemagne excédait la consommation du sud de l'Allemagne. Cette énergie n'a pas été perdue mais a été envoyée en France. On ne peut donc pas se contenter de produire et consommer localement, il est très utile d'avoir un réseau électrique le plus large possible. Cela permet de bénéficier à un moment donné d'une « surproduction », mais aussi de faire face aux aléas et d'éviter les délestages tournants (coupures temporaires).

Il faut être plus flexible et passer d'un modèle centralisé et descendant à une logique où l'on va essayer d'équilibrer les deux, mais en jouant sur les deux plateaux de la balance, pas seulement sur la production, mais également sur la consommation. Et jouer sur la consommation, signifie trouver une flexibilité un peu différente, c'est à dire des déplacements de consommation, pas seulement de la réduction.

2) Quels sont les nouvelles technologies qui existent et les nouveaux acteurs ?

Elles sont nombreuses permettant aux particuliers comme aux industriels de flexibiliser leur consommation

Qu'est-ce qu'un réseau électrique intelligent ? C'est d'abord une infrastructure de mesure, soit des capteurs qui mesurent et des organes qui manœuvrent, donc qui modifient par exemple les flux sur le réseau. C'est ensuite un réseau de communication, qui envoie les informations décentralisées à des centres de calcul.

Pourquoi le défi des partenariats pour le régulateur ? Parce que les gains sont sur l'ensemble de la chaîne de valeur, comme le montre l'exemple de Linky, le compteur évolué. Il sert le consommateur, parce qu'il est possible de faire à distance des choses qu'il devait faire manuellement chez lui avant. Le relevé du compteur peut se faire à distance. Cela va aussi améliorer la qualité d'alimentation électrique parce que l'opérateur aura plus d'informations. ERDF pourra connaître l'existence d'une panne réseau sans qu'il soit besoin de l'appeler. Il pourra ensuite rediriger les flux.

Pour le gestionnaire de réseau de distribution, il n'y a plus besoin de releveur, les clients sont plus satisfaits. Cela permet également de réduire les « pertes non techniques », c'est-à-dire les fraudes, les erreurs de comptage. Cela va servir également au producteur et au fournisseur. Le producteur connaîtra mieux la consommation instantanée de ses clients grâce à ce dispositif. Il pourra ainsi mieux prévoir, mieux anticiper et par exemple diminuer le nombre de centrales qu'il fait tourner en *back-up* et qui en général sont des centrales à énergie fossile. Il peut y avoir un partage d'informations entre le producteur ou le fournisseur et le consommateur, et sur l'ensemble de la chaîne de valeurs, des bénéfices. Mais une coordination est nécessaire pour que ces acteurs se parlent, on est dans un problème classique d'optimisation publique.

Deuxième grand défi, il faut comprendre combien tout cela coûte et si c'est finançable ? Linky, c'est à peu près 4,5 milliards d'euros prévus, pour 30 millions de compteurs. Cela fait 120 euros par utilisateur, payés sur la durée de vie du compteur, de 10 à 20 ans. Cela fait entre 1 et 3 euros maximum par foyer et par an. Les coûts additionnels, au delà du compteur, peuvent être extrêmement variables selon l'ensemble des fonctionnalités. Plus c'est perfectionné, plus cela coûte cher.. Mais 15 milliards d'euros pour la France, c'est une source qui semble à peu près crédible, dont une grande partie sera portée par les opérateurs de réseau et donc par les consommateurs via les tarifs d'utilisation des réseaux, décidés par la CRE.

On se trouve ainsi face à de nombreuses problématiques : Comment fait-on pour inciter les opérateurs de réseau à faire de la R & D, à innover, à investir ? Jusqu'où la puissance publique doit-elle aller dans le suivi fin des moyens ? Doit-elle rester seulement sur les grands objectifs ? Cela pose des questions très pratiques de ce type-là. Comment peut-on

améliorer les analyses coût / bénéfice, comme celle de Linky ? À quel moment faut-il pousser l'investissement ? Relève-t-il des pouvoirs publics de le décider ? Faut-il un déploiement massif, parce qu'il y a des économies d'échelle évidentes, ou au contraire des déploiements plus progressifs qui permettraient d'embarquer les évolutions technologiques au fur et à mesure ? Qui doit porter les risques ? Qui doit porter les coûts ?

Puisqu'on évoque des questions de coûts, de financement, de coordination, j'ai deux remarques.

Une remarque concernant le véhicule électrique : s'il vous appartient et qu'en rentrant chez vous à 19h vous le mettez en charge ainsi que votre téléphone portable et la cuisinière pour le repas, il consomme en puissance autant que le reste de l'appartement.. Il faut donc que l'alimentation électrique soit deux fois plus importante, ce qui veut dire multiplier par deux les réseaux de distribution. Qui paye les raccordements ? Qui paye les renforcements ? Qui les décide ? Qui les planifie entre Bolloré, Michelin, Renault, ERDF ou les collectivités publiques ?

Autre exemple posant toutes une série de questions : La Commission européenne prévoit qu'en 2020, 40 000 Mégawatts d'éolien *offshore* seront produits dans l'ensemble des Mer du Nord, Mer Baltique et en 2030, 84 000 Mégawatts. Ceci impose que l'on passerait à un système beaucoup plus maillé et interdépendant qu'aujourd'hui. Cet espace se situe dans les eaux internationales : quelles règles s'appliquent ? La Norvège n'appartient pas à l'Union européenne. Comment se coordonner ? Est-ce qu'il faut instaurer une planification centralisée ou est-ce qu'on laisse faire le marché ? En Angleterre, un producteur d'éoliennes peut payer lui-même son raccordement. Dans d'autres pays, c'est forcément le gestionnaire de réseau de transport, donc une entité plutôt publique régulée : comment coordonner tout cela ? Qui paye ? Comment faire pour que le producteur s'installe à l'endroit le plus efficace pour la planète quand le tarif d'achat de la production éolienne n'est pas le même selon les pays ?

Les smart grids sont plus qu'un concept marketing lancé par les industriels américains, c'est avant tout une des voies de progrès qui peut servir les objectifs climatiques.. On peut dire aussi que c'est l'évolution naturelle des réseaux électriques qui seront renouvelés progressivement .Mais comment faire par ailleurs pour que tout cela soit compréhensible, acceptable, voire désirable par le consommateur ou le citoyen ? L'opinion publique ne veut pas de stockage, pas de nucléaire et pas de lignes à très haute tension. De même, le compteur évolué ne plaît pas, parce qu'il va permettre de connaître exactement à quel moment qui consomme quoi, information considérée comme très privée. Comment peut-on faire pour accompagner ces changements, et ne pas tomber dans le scénario à +6 degrés ?

Enfin, comment se coordonne-t-on avec les initiatives locales qui foisonnent sur ces sujets-là ? Sur ce thème, la CRE organise un colloque la première semaine d'octobre, intitulé « Énergie et Territoire : régulation au singulier et régulation au pluriel. »

**Pierre-André JOUVET** note que la confidentialité des données est une vraie question en termes d'acceptabilité sociale.

## ÉCHANGES AVEC LA SALLE

**Un participant** revient sur le cycle de renouvellement plus ou moins long en fonction des productions et des technologies. Quelle est la situation française ? La France est-elle plutôt dans une position favorable en matière de cycles de réinvestissement, de renouvellement, ou en position défavorable, suivant les secteurs énergétiques ?

Un participant, rappelle qu'après la catastrophe de Fukushima, une cinquantaine de réacteurs ont été arrêtés. Comment est-il possible d'arrêter la quasi-totalité du parc nucléaire japonais et d'avoir des consommateurs qui continuent à utiliser l'électricité, l'industrie qui continue à produire ? Quelles leçons en tirer pour le futur de l'électricité en France ?

**Antoine FÉRAL** souhaite connaître l'avis du premier intervenant sur l'hydrogène en France.

**Patrice GEOFFRON** explique que la France n'est pas en position de leadership. L'Europe est régie par les lois de la concurrence qui déterminent les conditions d'accès au marché public, et posent des questions de cohérence entre les choix qui sont faits entre voisins. Dans ce contexte, la bonne politique européenne, ce n'est pas la politique dans laquelle tout le monde fait la course aux énergies renouvelables en même temps, sinon, cela produit des dysfonctionnements en termes d'organisation des réseaux. Par ailleurs, cela conduit à dupliquer des investissements et à perdre sur les économies d'échelle. Il ne faudrait pas, comme actuellement, entrer dans une démarche nationale, qui produit de la fragmentation mais utiliser les différentes possibilités de coopération entre voisins pour atteindre les objectifs 2020. Le fait que la France ne soit pas « en avance » n'est pas forcément une contribution négative à la dynamique européenne. Cette idée est très complexe à vendre politiquement et il y a bien un moment où il faut inaugurer à la télé des éoliennes quelque part, indépendamment de toute considération de réseau par ailleurs.

Concernant le Japon, la proportion de l'énergie nucléaire dans la production totale est de 30 %, donc inférieure à la France. Par ailleurs, les Japonais ont baissé naturellement leur consommation, et il existe deux systèmes, qui cohabitent entre le Nord et le Sud. Par ailleurs, ils importent massivement du gaz, qui est 8 fois plus cher qu'aux États-Unis. Tout cela ne donne pas un bilan dont la France aurait vocation à s'inspirer. Concernant l'hydrogène, il pourra faire partie d'un nouveau modèle énergétique, mais en toute hypothèse pas avant 2030.

**Un participant** souhaite revenir sur la question du *business model* des smart grids.

**Une participante** revient sur le problème des consommateurs, qui « veulent tout mais qui ne veulent rien grosso modo » et la manière de résoudre ce problème. Des sociologues travaillent sur cette question. Il est possible de se référer à Michel CALLON et à un ouvrage collectif sur la création de forums hybrides, constitués de citoyens et d'experts autour de débats. Le titre de leur livre est intéressant : « Agir dans un monde incertain – la démocratie technique ». Des forums hybrides se sont créés spontanément parce que les acteurs voulaient exclure le public du débat. Or le public s'invite dans le débat et s'impose.

Les pouvoirs publics peuvent créer ces forums hybrides sans attendre qu'il y ait des conflits.

**Un participant** rappelle que les compteurs intelligents en général vont intégrer des technologies de communication qui sont caractérisées par des cycles assez courts. Le projet compteur Linky ressemble à un projet assez franco-français. Cela pose des questions sur la dimension de normalisation européenne ou les potentiels d'économie d'échelle, dans le scénario d'un déploiement de masse potentiel. Est-ce vraiment réaliste, sachant le risque de devoir faire face à des évolutions technologiques ?

**Cécile GEORGES** répond que la clé du *business model* des *smart grids*, ce sont l'échange, les partenariats et la discussion ouverte. Il n'y a rien d'écrit. C'est une des clés pour essayer de trouver des *business model* rentables. La survie de certaines entreprises ou de certains projets est en jeu. La concurrence est donc très rude.

Sur l'acceptabilité, c'est un élément clé de pouvoir agir ensemble. Ce sont des dynamiques qui existent dans le débat public, mais qui ont du mal à prendre corps parce que certains citoyens ne sont pas intéressés.

Ensuite, il faut effectivement vérifier que les projets ne s'inscrivent pas dans une seule logique nationale. Linky est le fruit d'une directive européenne qui impose que dans tous les pays européens, sauf analyse économique qui montrerait que ce n'est pas pertinent, une part très significative des consommateurs européens dispose d'ici 2020 de compteurs électriques dits évolués.

Et sur le fait de savoir si un déploiement partiel n'est pas préférable, de fait, la France n'est pas capable industriellement d'avoir un rythme industriel de 30 millions de compteurs. Donc, entre 3 et 7 millions de compteurs seront déployés chaque année.

**Patrice GEOFFRON** revient sur le constat que chaque citoyen ignore sa consommation moyenne d'électricité. Cela signifie que les niveaux de prix en France rendent encore assez peu sensibles à cette question, c'est pourquoi le compteur est mal accueilli.

**Pierre-André JOUVET** estime que le coût de l'électricité n'est pas marginal pour n'importe quel type de particuliers. Il existe de vraies précarités énergétiques et de vraies dépenses importantes dans le budget des ménages.

**Patrice GEOFFRON** rappelle que le coût de l'électricité va augmenter : 30 % d'ici 2016, ce qui va faire croître à la fois la sensibilité à ces questions et augmenter mécaniquement ces problèmes de précarité énergétique, pas uniquement en France.

**Pierre-André JOUVET** rappelle que les problèmes de précarité posent aussi des questions en termes de logement. C'est le sujet de la session suivante.

## UNE MUTATION POSSIBLE DE L'HABITAT – RÉFLEXION SUR L'AMÉNAGEMENT URBAIN

**Yann FRANÇOISE** (*Ville de Paris*), responsable de la stratégie énergétique et de lutte contre le changement climatique de la ville, rappelle que depuis 2007, la ville de Paris a

adopté un plan climat, qui a pour but de réduire les consommations du territoire de 25 %, et de réduire les émissions de gaz à effet de serre de 25 %. Ce plan a été adopté avec l'ensemble de la communauté parisienne. L'administration doit être exemplaire sur le sujet ; ses objectifs ont donc été portés à 30 %. Sur le territoire, l'objectif représente environ 6 millions de tonnes d'équivalents CO<sup>2</sup> à gagner en l'espace de 13 ans, ce qui correspond quasiment aux émissions de l'ensemble du secteur du bâtiment sur le territoire de Paris en 2009..

L'évolution du secteur du bâtiment à Paris montre que le territoire est très contraint, très construit, avec une particularité rare en France : les consommations énergétiques sur le territoire se partagent sur les bâtiments entre le résidentiel et le tertiaire, quasiment à 50/50. En termes d'émissions, c'est un peu différent, parce que le mix énergétique utilisé par les deux secteurs n'est pas comparable. Mais depuis 2004, l'année de référence du plan climat de Paris, ces émissions se sont réduites et les consommations énergétiques directes aussi. La forte hausse des prix de l'énergie entre 2004 et 2009 sur le gaz et le fuel pour le territoire parisien a participé, surtout pour le tertiaire à cette réduction et à la mise en place d'une gestion plus rationnelle. C'est la première fois en 20 ans de suivi de consommation énergétique du tertiaire que les consommations énergétiques baissent, principalement sur le chauffage. Mais l'usage de la climatisation a rogné ce gain en grande partie.

Sur le secteur résidentiel, l'analyse est plus délicate. Il y a un effet prix-énergie, mais surtout un basculement de la vulnérabilité à la précarité énergétique.

Sur le territoire parisien, environ 30 TWh sont consommés chaque année, cela représente une facture d'environ 2,3 milliards d'euros. À l'horizon 2020, cette facture peut être aux alentours de 3,2 milliards d'euros selon les évolutions des prix de l'énergie en particulier sur l'électricité. En revanche, si les 25 % d'énergie sont gagnés, c'est près de 1 milliard d'euros économisés par an à partir de 2020 sur la facture globale de Paris.

Le parc immobilier parisien comprend des immeubles de 1600 jusqu'à 2012 : avec une grande diversité de patrimoine, d'immeubles, de mixité d'usage aussi. Certains sont 100 % résidentiels, d'autres 100 % tertiaires et parfois à usage mixte, ce qui n'est pas très simple. Le patrimoine municipal, constitué de 3 500 équipements environ doit réduire d'ici 2020 sa consommation de 30% : énorme défi à relever !

Depuis 5 ans on essaie de travailler sur chacun des secteurs, avec une plus grande facilité sur le patrimoine municipal., puisqu'on a la maîtrise d'ouvrage directe. Le 1<sup>er</sup> décembre dernier, le maire de Paris a signé le premier contrat de partenariat de performance énergétique pour rénover 100 écoles. Logistiquement, techniquement, financièrement, cela suppose de nouveaux outils et de nouvelles méthodes qui implique une mutation intellectuelle de l'ingénierie technique, financière à mettre en place dans les collectivités, les services, les entreprises, le système bancaire et assurantiel..

Le secteur tertiaire est un secteur délicat. Est-ce à la puissance publique d'aller vers le secteur privé ? Comment l'accompagner ? Comment l'inciter ?

On a beaucoup plus travailler sur le secteur résidentiel et en particulier les logements sociaux. Que doit on faire des bâtiments en « classe G ». ? Faut-il les réhabiliter ? S'il

s'agit d'écoles, il n'est pas possible de déplacer le service public du jour au lendemain, il faut réhabiliter et cela coûte très cher. Mais si l'immeuble est classé historiquement, comme l'hôtel de Pomereu de la Caisse des Dépôts par exemple, c'est un débat important que de savoir s'il faut le réhabiliter. Il faut alors avoir un discours de mutation qui dépasse la mutation technique ou financière évoquée plus haut.. Il faut aussi faire rentrer une nouvelle culture de l'usage des bâtiments, de l'usage par les occupants, , de confort de vie thermique, estival et hivernal bien évidemment.

Le deuxième débat consiste à savoir s'il convient d'entamer des rénovations ambitieuses. Mais « isoler » aujourd'hui, c'est parfois trop fermer le bâtiment. Est-ce que ce sera encore la norme en 2040 ? En 2050 ? Est-ce que finalement il ne serait pas prudent d'attendre et dire que le bâtiment qui est une passoire sera peut-être moins une passoire en 2050 parce qu'il fera plus chaud ?

Autre interrogation : est-ce que ce que l'on construit peut muter ? Les isolations sont garanties en théorie 20 à 30 ans. Comme certaines centrales, on peut les prolonger à 40 ans. De véritables mutations techniques doivent s'opérer et certaines entreprises, par exemple Eiffage, commencent à réfléchir.

M. FRANCOISE souligne par ailleurs que chacun espère que les nouvelles technologies nous permettront d'éviter de nous confronter à nos problèmes. L'espoir que représentent les *Smart Grids* dans des villes totalement nouvelles, du Sud-Est asiatique, est compréhensible. Mais sur les vieilles villes, combien coûte le kilomètre d'installation de capteurs, de *Smart Grids*, pour équiper, interconnecter les réseaux ? C'est très cher. Le coût de Linky n'est pas non plus négligeable. Combien d'isolations thermiques pourraient être réalisées avec ce même budget ? En tout cas, à un moment donné, c'est toujours le citoyen qui paye, soit sur sa facture, soit sur ses impôts. Et c'est la collectivité et le maire qui devront le lui expliquer. Il ne faudra pas l'oublier dans les discussions.

À force de faire croire qu'on va tout résoudre par l'isolation, par les techniques et les technologies, on a oublié, pendant quasiment 30 ou 40 ans, de s'intéresser à l'usager et de parler aux gens qui sont dans les logements, dans les bureaux, les bâtiments, les musées, etc. On a produit un service pour améliorer le confort. Mais on a oublié de remettre les gens devant leur problème en disant : « Vous aussi, vous avez un rôle à jouer. Vous aussi, vous pouvez maîtriser votre consommation. » Et pour cela il faut redonner l'information aux citoyens pour savoir là où cela se joue.

Il faut aider les gens aussi à s'approprier les nouvelles technologies, « expliquer le bâtiment aux gens ». Dans les écoles, il faut expliquer aux enfants, à la communauté scolaire, et les mettre devant leurs responsabilités.

La mairie de Paris essaie d'entrer dans la phase 2 du Plan Climat. Il faudra essayer de réinscrire dans ce plan ce qui a été appelé dans les années 70 la culture antigaspi, qui a disparu, pour que chacun s'intéresse au problème.

Le dialogue avec la population doit être réinstauré pour rappeler que certains investissements ne se voient pas, ne sont pas beaux, mais sont bons pour l'intérêt général. Isoler un toit, c'est tout aussi fondamental que remettre un coup de peinture.

Ils s'interrogent aussi sur les usages d'un bâtiment qui permettraient de mieux consommer et de mieux valoriser les investissements faits (accueil de cours du soir ou de réunions d'associations dans les écoles après 18h30, par exemple)

Il faudra aussi expliquer que la maîtrise des usages n'est pas seulement synonyme de contrainte. Une exposition sur Paris et l'adaptation au changement climatique a été créée, pour montrer qu'il ne s'agit pas d'une contrainte, mais d'une opportunité. La contrainte, c'est aussi l'opportunité de mieux réfléchir, mieux s'adapter, mieux s'interroger sur l'aménagement des territoires contraints en termes budgétaires parfois, et contraints physiquement. Cette exposition, intitulée « +2 degrés, Paris s'invente », est disponible sur le site de Paris.fr.

## **ÉCHANGES AVEC LA SALLE**

**Antoine FÉRAL** interroge M. FRANCOISE sur le lien entre habitat et mobilité. Paris a été une ville pionnière avec Autolib pour instaurer un service de mobilité électrique. Quel développement futur peut-on imaginer ?

**Yann FRANÇOISE** explique que le thème de la présentation ne portait que sur l'habitat. D'autres actions du plan climat Paris portent sur d'autres domaines et entre autres sur la mobilité. C'était une volonté politique du maire depuis 2001. M. FRANCOISE est très prudent sur la mobilité électrique en matière d'appel de charges pour les réseaux. Mais l'avantage à Paris est d'avoir un territoire extrêmement dense où les réseaux peuvent plus facilement s'amortir qu'ailleurs.

Un participant souhaite savoir si les consommations ont augmenté du fait de l'augmentation des surfaces habitées.

**Yann FRANÇOISE** explique qu'on observe plutôt le phénomène inverse à Paris. Les surfaces habitables se sont plutôt réduites du fait que le foncier n'est pas extensible. Donc, malheureusement, même les étiquettes énergétiques n'auront pas un impact sur le prix du foncier. En revanche, le problème avec les habitations bon marché avec des briques rouges, c'est qu'il n'est pas possible d'isoler par l'extérieur. Au moment où l'on essaie d'améliorer la qualité et le confort de vie, on va baisser le confort social, parce qu'il faudra changer de superficie et cela devient très délicat. Et le même problème se pose avec des copropriétés privées : quand ils ne peuvent pas faire de l'isolation par l'extérieur, tout à coup l'investissement devient très cher. L'acceptabilité sociale est très délicate.

**M- Le même participant** demande pourquoi il n'est pas possible d'isoler la brique.

**Yann FRANÇOISE** répond que les immeubles en brique rouge sont des immeubles avec énormément de modénatures, de découpages, et qu'il faut essayer de garder cet esprit-là. Il y a souvent aussi des petites mosaïques qui ont été intégrées. Ce sont des bâtiments très compliqués et qui, en plus à l'époque, ne bénéficiaient pas de tout le confort actuel. Donc ces travaux de mise aux normes et de création de salles de bain font perdre des m<sup>2</sup>, ce que certains usagers refusent.

**Daniel DELALANDE** souhaite en savoir plus sur le programme de rénovation des écoles avec le CPE : l'ingénierie, le nombre de personnes qui ont dû travailler sur le dossier, le

format du CPE, qui est une nouvelle formule de financement sur laquelle un certain nombre d'élus sont extrêmement prudents, et d'une manière générale de design de ce dispositif.

**Yann FRANÇOISE** reconnaît qu'il s'agit de dossiers délicats parce que les collectivités qui se sont lancées ont dû travailler avec un droit qui a évolué en parallèle et l'adapter parfois. Le cadre du CPPE est celui d'un contrat de partenariat. Pour la première fois, une collectivité ne va pas avoir un concédant, un exploitant, un prestataire, mais un partenaire sur 20 ans, qui va garantir la performance exigée, donc -30 % d'économie d'énergie, mais qui ne va pas en partie exploiter les installations qui vont rester en régie. Il a fallu deux ans et demi de préparation pour monter ce dossier. C'est environ une équipe de 6 à 7 personnes aux profils différents – personnels des affaires juridiques, de la direction des finances, gens des écoles et de la direction patrimoine architecture. Pendant la phase dure, ce sont trois personnes à temps plein qui gèrent l'appel d'offres de l'AMO. La banque européenne d'investissement via le fonds ELENA a permis de financer toute cette prise en charge de l'aide à l'investissement.

Ce premier contrat couvre 100 écoles avec 30 % d'économie d'énergie constatée dès la fin des travaux, et maintenue sur toute la période. Il faudra là encore partager une culture de suivi. Autre difficulté, seuls les gros groupes ont répondu à l'offre du contrat. Parfois même, ce sont des gros groupes qui s'allient pour pouvoir répondre à la complexité de ces dossiers avec des banques, des assureurs. Il faudrait aussi pouvoir renforcer le secteur local avec de tels contrats.

**Un participant** revient sur le programme « Habiter mieux » et souhaite savoir si ce programme en est à ses débuts, sur la ville de Paris.

**Yann FRANÇOISE** n'est pas familier de ce programme sur la précarité énergétique.

**Le même** :explique qu'il est connu sous le sigle de FART.

**Yann FRANÇOISE** répond que deux programmes sur la précarité énergétique ont été lancés dans le département de Paris. L'an dernier, dans le cadre de l'adoption par le conseil du plan local de l'habitat, le contrat local d'engagement a été signé pour améliorer la prise en compte de la précarité énergétique pour augmenter le nombre de visites sur le terrain. L'un des acteurs fondamentaux de ce dispositif, c'est l'agence parisienne du climat, qui reprend entre autres les réseaux d'espace info énergie à Paris et une partie du travail mené par l'association EDIF et le réseau RAPPEL sur Paris, dans le cadre d'un projet européen, qui s'appelait CAPE, Conserve d'actions pour la précarité énergétique.

La grosse difficulté reste avec les copropriétés. De nombreux propriétaires parisiens en copropriété tombent dans la précarité énergétique et n'arrivent même plus aussi à payer les charges de leur immeuble.

## **Habitat et matériaux innovants**

**Didier ROUX** (*Groupe SAINT-GOBAIN*) rappelle que nous sommes à un carrefour où l'humanité a compris que la planète était un objet de taille finie, pour trois raisons

principales : la croissance de la population, le défi énergétique et les problématiques environnementales.

Saint-Gobain, entreprise qui a près de 350 ans, est axée sur le monde de l'habitat au sens large – l'extérieur comme l'intérieur – et essaie de répondre à ces défis.

**Dans le secteur du neuf**, il faut s'intéresser à l'évolution des réglementations. Entre les discours et la réalité de la réglementation on observe une distorsion notable. De nombreux pays parlent d'aller vers des maisons basse consommation.(BBC)mais n'ont pas encore fait évoluer la législation. Dans ce débat-là, la France a un cran d'avance au niveau des réglementations avec la RT2012. Elle permet, d'atteindre les objectifs BBC, en ce qui concerne tout du moins les consommations liées au chauffage dans le résidentiel.

Des solutions existent et l'on peut aujourd'hui effectivement construire des habitats à basse consommation et des habitats à énergie positive.. C'est le cas d'une maison témoin à énergie positive réalisée par Saint-Gobain, , qui a pour objectif de montrer une solution accessible d'un point de vue du coût, restant dans un budget raisonnable pour une maison individuelle. On peut donc faire de l'habitat à énergie positive, mais, point important à retenir, ce n'est pas toujours possible.

Dans la réglementation pour le neuf, la réglementation thermique ne fixe pas un résultat, mais une théorie, c'est-à-dire qu'elle est basée essentiellement sur les calculs thermiques de ce qui devrait être réalisé selon un certain nombre de principes. Or, on ne vérifie pas après coup la réalité du calcul théorique, du moins d'un point de vue réglementaire. On pourrait alors le faire d'un point de vue effectif, mais c'est compliqué...Sinon,l'objectif de 50 kWh d'énergie primaire par m<sup>2</sup> et par an est pertinent. Il n'est pas nécessaire d'aller plus loin dans l'efficacité énergétique.

Mais il faut pouvoir vérifier que ce qui est fait correspond bien à ce qui est annoncé dans la réglementation..

Le deuxième point, c'est que, dans la vérification de la consommation, on ne découple pas la performance réelle du bâtiment de l'utilisation qui en est faite.. M. ROUX estime que si des assureurs sont présents dans la salle, des réflexions autour des garanties de performance doivent être menées. En effet, en l'absence de ce découplage, il est difficile de savoir si les surconsommations sont dues au manque de performance du bâtiment ou à une mauvaise utilisation de celui ci.. Et ce n'est pas la même chose, bien évidemment, ni pour les fournisseurs de matériaux, ni pour les constructeurs de bâtiment, ni pour les utilisateurs.

Il souligne qu'il préfère le terme **d'habitat à énergie positive** à celui de bâtiment à énergie positive. La production d'énergie renouvelable n'a aucune raison d'être à l'échelle du bâtiment. Vouloir faire des bâtiments à énergie positive de façon systématique est impossible. Il est important de bien isoler le bâtiment de le rendre efficace énergétiquement, mais la source d'énergie renouvelable mise en place pour répondre à sa consommation sera installée ailleurs, si le rendement est meilleur.

Le point le plus important, c'est évidemment la rénovation. On n'arrivera pas à diminuer de façon importante les consommations énergétiques dans le bâtiment, si on ne s'attaque

pas à l'ancien. On tombe alors sur une problématique à la fois réglementaire et technique beaucoup plus compliquée que celle du neuf. Il faut mettre en place un ensemble de dispositifs entre l'incitation, la réglementation et surtout la valorisation des biens. On parle aujourd'hui de blocage des loyers. Pourquoi ne pas exonérer de ce blocage des loyers les gens qui feraient une rénovation énergétique suffisante ou importante de leur bâtiment ?

Il existe des points de blocage nombreux dans la rénovation. Il faut notamment faire un effort considérable de formation. Mais qui dit formation, dit valorisation des formations, et donc des diplômes et des salaires en conséquence.

Il faut aussi faire pénétrer l'innovation plus vite pour faire face aux défis techniques.. Par ailleurs, des points de blocage sont liés au financement. Le fait qu'un bâtiment rénové et efficace énergétiquement prenne de la valeur est un moteur certain de la rénovation. Le diagnostic de performance énergétique, si il est sérieusement appliqué, est un outil intéressant, parce qu'il encourage justement à donner de la valeur aux rénovations thermiques.

Les solutions d'isolation sont nombreuses, par l'intérieur, par l'extérieur, mais il faut innover dans les systèmes et dans les composants. Dans les systèmes pour la France, l'innovation par l'extérieur est quelque chose d'un peu nouveau. C'est une solution intéressante qui n'est pas unique et généralisée. Mais il faut aussi innover dans les matériaux et il n'existe pas beaucoup de pistes. Pour faire des matériaux qui ont des performances d'isolation bien meilleures que l'air immobile, il faut changer le gaz, faire des matériaux sous vide qui permettent de diminuer sensiblement la conductivité de l'ensemble.. L'autre matériau intéressant, pour le moment trop cher, ce sont les aérogels, c'est-à-dire des milieux poreux qui immobilisent de l'air, mais avec une taille de pore nanométrique, ce qui permet d'avoir des valeurs de conductivité deux fois meilleures que les isolants classiques .

Il ne suffit pas d'isoler les murs, il faut aussi isoler bien évidemment les fenêtres. Et pour cela, ce que l'on fait, c'est que l'on met des couches, on transforme en fait un vitrage. Il devient un interféromètre, filtre laissant passer une certaine partie de la lumière, la lumière visible et empêchant le passage ou renvoyant l'infrarouge et l'ultraviolet. Il existe des pistes de plus en plus originales où l'on passe de l'isolation passive à de l'isolation active. Cela consiste à faire réagir la maison de façon active par rapport à des sollicitations thermiques. Les matériaux à transition de phase permettent de stocker l'énergie lorsqu'il y en a trop et de l'utiliser quand c'est nécessaire. Par exemple, dans la journée, le soleil tape sur une paroi, la chaleur sera emmagasinée et retrouvée pendant la nuit où il fait froid et où il n'y a pas de soleil et cela économise le chauffage.

Deuxième exemple d'isolation dynamique ou de réponse dynamique à l'isolation ou à l'économie d'énergie : le vitrage électrochrome, qui existe depuis assez longtemps dans le verre. Ici un immeuble à Venise qui a été équipé de verres électrochrome. C'est un verre qui change de teinte en fonction d'une sollicitation électrique et permet ainsi de régler la transmission lumineuse de votre vitrage en fonction de l'ensoleillement et de l'énergie thermique qui doit passer à travers.

Autre moyen d'économiser de l'énergie, le puits canadien ou le puits provençal qui utilise l'inertie du sol pour temporiser l'air qui rentre dans un habitat et amener en hiver de l'air plutôt plus chaud et en été de l'air plutôt plus froid. L'analyse de cycle de vie avec des règles fixées par les gouvernements doit être la référence en termes d'impact sur l'environnement des systèmes constructifs, matériaux, systèmes et méthodes de construction et de déconstruction. C'est cette analyse complète qui doit être prise en compte pour juger les solutions les unes par rapport aux autres.

Il souligne par ailleurs que l'habitat du passé avait déjà intrinsèquement intégré certaines des solutions technologiques décrites, sans le savoir. Par exemple, les maisons troglodytes qui généralement se situaient dans des endroits où la population était confrontée à des climats extrêmement contrastés, très chaud en été, très froid en hiver. Deuxième exemple, les maisons en Afrique faites en terre crue et qui permettent, pendant la nuit, lorsque la température diminue, la condensation d'eau à l'intérieur de l'argile qui, lorsque le soleil revient le lendemain, s'évapore et en s'évaporant consomme de l'énergie et refroidit l'intérieur de ces habitats qui restent frais malgré l'importance du soleil.

Enfin, l'igloo est certainement le plus spectaculaire exemple d'habitat passif. On ne met pas de radiateur électrique dans un igloo. C'est un habitat qui ne consomme pas d'énergie et qui commence par isoler. Autre élément, la personne qui entre dans l'igloo est un élément chauffant. Cela fait fondre une légère pellicule d'eau ou de neige qui est à l'intérieur de l'igloo, qui au contact de la neige se retransforme en glace, formant ainsi une membrane isolante. Quant on est à l'intérieur la température ressentie est de 10 ou 15 degrés et non 0. La radiation infrarouge émise par la personne retombe sur les murs de l'igloo qui rediffuse cette radiation vers elle.

Autre point très important dans l'évolution dans le bâtiment, c'est la gestion de l'éclairage. La question d'amener la lumière du jour à l'intérieur des bâtiments de façon à ne pas utiliser la lumière artificielle de façon inutile, se pose. Il cite l'exemple d'une maison troglodyte où un carré blanc, placé sur une paroi recevant la lumière du jour, renvoie cette lumière, à travers une fenêtre qui lui fait dos éclairant ainsi une partie de la maison qui ne reçoit pas de lumière directe de cette fenêtre. C'est le phénomène du *daylight*.

Le bâtiment a une responsabilité particulière et très importante en ce qui concerne l'économie d'énergie et la quantité de CO<sup>2</sup>.

## ÉCHANGES AVEC LA SALLE

**Un participant** souhaite revenir sur le coût de la rénovation. Quel est le coût d'un passage de classe F en classe B ? M. ROUX pourrait-il répondre aux interrogations de M. FRANÇOISE sur la capacité des matériaux à s'adapter et à rester opérationnels sur plusieurs dizaines d'années ?

**Un participant** estime que M. ROUX a eu un discours très divers et montrant une adaptation aux solutions et aux contextes. Mais c'est le discours d'un représentant de la filière bâtiment. Quel aurait été le discours de représentants de filières différentes ? Est-ce que la grande hétérogénéité des points de vue et les conflits d'intérêts que cela recouvre n'est pas une question majeure pour la filière du bâtiment ? Qu'en est-il de l'interaction

avec les autres acteurs de la société, à savoir les utilisateurs, les consommateurs et éventuellement des opérateurs importants comme M. FRANÇOISE ?

**Un participant** pose la question du coût des matériaux présentés par M. ROUX, de la matière première et de leur mise en œuvre.

**Didier ROUX** rappelle que le coût moyen d'un passage de classe F en B et plus généralement de la rénovation est très difficile à évaluer. Cela tient à une grande hétérogénéité de cas ce coût résultant donc d'extrêmes très différents. C'est un des problèmes de la filière de rénovation : la difficulté de fixer *a priori* le coût. Ce qui est sûr, c'est que dans le cadre de la rénovation, il est illusoire de croire qu'une rénovation énergétique peut être uniquement financée sur les économies d'énergie générées par cette rénovation. C'est beaucoup plus dans la valeur du logement que l'on trouvera la compensation des coûts de rénovation.

Sur les matériaux adaptables et donc surtout qui ont 20 ou 30 ans, c'est quand même une spécificité du bâtiment que de faire des matériaux qui durent. La durée des performances ou la capacité de garder la performance dans le temps, est évidemment un critère très important. Un problème notable est l'absence de mesure et l'absence de vérification de la performance, non seulement dans un bâtiment juste neuf, mais de façon encore plus flagrante en fonction du temps. Il y a un besoin dans ce monde du bâtiment de faire des mesures, de les suivre et « faire la relation » qu'il existe entre les solutions et la durabilité de ces solutions y compris au niveau des performances.

**Daniel DELALANDE** revient sur le changement climatique qui va entraîner une augmentation des températures. La question qui se pose, c'est celle de la réversibilité des technologies ou de l'adaptation de ces technologies.

**Didier ROUX** explique que même si changement climatique il y a, le climat parisien deviendra difficilement un climat tropical. Une des conséquences du changement climatique, ce n'est pas réellement l'augmentation de la température moyenne, mais ce sont les conséquences de cette augmentation de la température sur un certain nombre de phénomènes dont les événements extrêmes qui risquent de se multiplier. Cela veut dire des tempêtes, pluies, sécheresses, qui vont à la fois augmenter en fréquence et en amplitude. Mais le choix des technologies ne sera pas remis en cause dans 50 ans.

**Didier ROUX** revient sur la question des conflits d'intérêts. On assiste aujourd'hui à une revendication de la plupart des industriels sur l'efficacité énergétique, parce que c'est un enjeu sociétal important. Effectivement, un cimentier va chercher à économiser du CO<sup>2</sup>. Un électricien va parler de systèmes qui permettent de contrôler l'ouverture de la chaudière, de la fermer et d'économiser de l'énergie comme cela. Et effectivement, Saint-Gobain va parler de l'enveloppe, c'est-à-dire de l'endroit dans lequel on isole.

Saint-Gobain est une entreprise multimatériaux et multisystème. Le discours est donc assez vaste. Il ne vise pas un seul matériau précis, sur lequel faire porter l'ensemble des efforts. Mais il faut effectivement s'interroger sur la convergence de ces discours par rapport à des faits réels. Il rappelle qu'il existe un ordre dans lequel il faut faire les choses. Il faut d'abord travailler sur l'enveloppe et avoir une bonne isolation pour faire diminuer là

où on perd le plus, c'est-à-dire le chauffage. Après, il est très intéressant d'économiser de l'énergie sur les systèmes électriques, parce que c'est l'enjeu suivant.

**Daniel DELALANDE** rappelle que la prochaine séance aura lieu le 27 septembre, sur le thème « quels outils au niveau des territoires ? ». La dernière séance de la formation Défi Climat aura lieu le 20 novembre et portera sur les instruments de financement notamment centrés sur les marchés du carbone.