



Les Petits Cahiers

Sommaire

Recherche

Modélisation prospective de l'industrie diffuse pour l'évaluation de l'impact de politiques de MDE à partir du générateur de modèles TIMES
Gondia SECK

Analyses

Retours sur les négociations climat : vers une sortie de la dépendance au sentier du régime climatique actuel ?
Christophe CASSEN

Actualités

La maîtrise de la demande d'électricité : l'exemple de Gridteams
Johann THOMAS

Technologie

La récupération d'énergie dans les eaux usées
Thomas PAULO

Innovation

Du vert kaki au vert clair...
Clément MENANTEAU

Revue de presse

Brigitte HANOT



Modélisation prospective de l'industrie diffuse pour l'évaluation de l'impact de politiques de Maîtrise De l'Energie (MDE) à partir du générateur de modèle TIMES.

La récupération de chaleur par Pompes à Chaleur (PAC) dans l'industrie agroalimentaire

Gondia SECK

Centre de Mathématiques Appliquées, MINES ParisTech

L'énergie tient un rôle important dans l'économie européenne et reste l'un des principaux sujets de préoccupation de ce XXI^{ème} siècle. On constate de toute évidence que les tendances actuelles de l'offre et de la consommation ne sont guère adéquates pour l'environnement, l'économie ou le social. Selon le GIEC, compte tenu des évolutions actuelles, une réduction du carbone des sources d'énergie est nécessaire à terme du fait de la croissance inexorable des émissions de gaz à effet de serre (GES) [GIEC, 2007]. Et cela, afin d'éviter les conséquences catastrophiques (hausse des températures moyennes de l'atmosphère et de l'océan, une fonte massive de la neige et de la glace et une élévation du niveau de la mer) dues aux divers dérèglements climatiques engendrés par ces dernières. Par ailleurs, le Sommet de Copenhague (15^{ème} Conférence des Parties ou COP 15) sur la lutte contre le changement climatique montre bien que l'Union européenne (UE) essaye d'emprunter une trajectoire énergétique véritablement durable. Un développement qui permettrait de répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins [WCED, 1987].

En dépit de l'augmentation des investissements dans la R&D pour l'utilisation des ressources d'énergie renouvelables et des technologies propres, la demande énergétique de l'UE sera probablement dominée encore par les combustibles fossiles (pétrole, charbon et gaz naturel) pendant de nombreuses années. Les incertitudes qui subsistent sur les sources qui fourniront ces énergies fossiles nécessaires pour répondre à la demande croissante, ainsi que sur leurs coûts de production et sur leurs prix de consommation, sont très élevées et n'ont peut-être jamais été ressenties aussi fortement (l'envolée des prix de ces dernières années couplée à leurs très fortes volatilités). **Cela pointe du doigt la vulnérabilité de l'UE sur la question énergétique.** La dépendance énergétique totale de l'UE-25 passera de 56% (respectivement 82% et 62% pour le pétrole et le gaz naturel) en 2006 à 65% (93% pour le pétrole et 84% pour le gaz naturel) en 2030. [Percebois, 2006], [Percebois, 2007], [COM(769 final), 2000] [COM(105 final), 2006].

Le système énergétique se trouve à la croisée des chemins et l'Union européenne doit définir, avec la pression environnementale croissante, une stratégie énergétique en trouvant un équilibre entre développement durable, compétitivité et sécurité d'approvisionnement impliquant l'ensemble des secteurs économiques. L'on constate dans ce cadre l'adoption par l'UE en 2008 d'un



plan d'action appelé paquet Energie-Climat définissant une politique européenne commune de l'énergie et la lutte contre le phénomène du changement climatique (objectif 3x20). Les enjeux de ce plan sont ainsi d'une part, d'ordre climatique en portant à 1/5^{ème} de la consommation énergétique la part des énergies renouvelables. D'autre part, d'ordre économique en essayant de mettre en place un nouveau modèle de croissance plus sobre en carbone. Et enfin d'ordre symbolique en donnant l'exemple afin d'avoir un impact plus conséquent dans les négociations internationales sur le climat. Ainsi, la France, dans sa loi de Programme fixant les Orientations de la Politique Énergétique (dite loi POPE), s'est donnée un objectif chiffré ambitieux d'une division par 4 des émissions d'ici 2050 en soutien à l'objectif international sur les émissions mondiales de gaz à effet de serre.

Dans une vision à long terme, la maîtrise du risque climatique nécessitera très vraisemblablement une remise en cause profonde de bon nombre de nos pratiques actuelles [Syrota *et al*, 2008]. Néanmoins, les appréciations des conséquences et impacts des choix stratégiques s'avèrent très difficiles par « dire d'experts » face à un contexte énergétique et environnemental de plus en plus complexe. Dans ce monde d'incertitude, l'on perçoit bien toute l'importance de se doter d'outils normatifs performants pour faire face à ces différentes contraintes (quotas d'émissions, raréfaction des ressources, etc.). Il devient donc nécessaire de s'appuyer sur une analyse prospective dans une vision à moyen/long terme où des ruptures fortes avec le passé sont envisageables.

Ainsi, on l'a compris, l'exercice de prospective s'avère être un outil précieux. Et pour reprendre la formule de la Charte de la Chaire de Modélisation Prospective, il va permettre aux décideurs d'explorer les futurs possibles et éclairer pour demain les conséquences des décisions et des choix d'aujourd'hui. En d'autres termes comme le stipule Michel Godet, la stratégie appelle la prospective ne serait-ce que pour éclairer les choix qui engagent l'avenir.

Les exercices de prospective énergétique s'appuient sur différents types de modèles dont la fonction et les niveaux d'agrégation sont très différents selon leur usage. Plusieurs travaux sur la modélisation prospective ont déjà été menés sur toute ou une partie de l'économie (secteur production électrique, secteur industriel, secteur résidentiel et transports, etc.) pour la France et/ou d'autres pays [Assoumou, 2006] [DGEMP, 2006] [Syrota et al, 2008] [Djemaa, 2009] [AIE(WEO), 2010] [Cayla, 2011]. Le travail réalisé dans le cadre de cette thèse porte sur le développement d'une modélisation de type TIMES pour la prospective énergétique du secteur industriel en France à l'horizon 2020. Ce secteur industriel peut se subdiviser en deux grandes familles, d'un côté les Industries Grandes Consommatrices d'Énergie (IGCE) et de l'autre, les Industries Faiblement Consommatrices d'Énergie qu'on nommera Industrie Diffuse (ID) telles que les secteurs du textile, construction mécanique, chimie fine, une partie des industries agro-alimentaires, etc.

La famille « Industrie Diffuse » (ID) ou industrie faiblement consommatrice d'énergie, a tendance à peser de plus en plus lourd dans la consommation énergétique globale du secteur industriel dans les pays développés, autant du fait de son développement propre que de celui de la désindustrialisation de ces pays. Par exemple, en France, elle représente globalement environ 45% de la consommation totale d'énergie en 2008 (pour 36 % des émissions totales industrielles) alors qu'elle n'était que de 31% quinze ans auparavant. A la fois du côté de l'électricité et de celui du gaz, on constate une augmentation du poids dans leur consommation respectivement d'environ 45% à environ 55% et d'environ 40 à 45% entre 1993 et 2005. Elle représente au niveau économique 80 % de la valeur ajoutée totale de l'industrie. Elle renferme une part importante de gisements d'autant plus que le très faible poids des coûts énergétiques dans la



production ainsi que le fait qu'il ne soit pas couvert par l'EU-ETS n'incite guère les acteurs du secteur à mettre en place des politiques énergétiques et environnementales.

Cette thèse s'est donc axée sur l'analyse de l'Industrie Diffuse dont les secteurs ont peu été traités dans les analyses énergétiques à l'inverse des Industries Grandes Consommatrices d'Énergie (IGCE) malgré le nombre considérable d'articles et de livres sur l'énergie et l'intérêt des politiques en matière d'efficacité énergétique. Le panorama dressé a permis de mettre en exergue toute l'importance de cette famille de secteurs sur le plan économique, énergétique et environnemental. Ainsi, ils sont une cible prioritaire pour des opérateurs énergétiques tels qu'EDF (Electricité de France) dans le cadre de mécanisme des CEE (Certificats d'Économies d'Énergie).

Le premier résultat de cette thèse est l'établissement d'une structure représentant l'industrie diffuse et qui permet le calcul des consommations énergétiques et les émissions de CO₂ de cette dernière dans un futur probable soumises à différentes contraintes (évolution des prix des énergies, politique d'efficacité énergétique, contrainte environnementale, etc.). Cette structure permettra ainsi de suivre et de chiffrer les pistes d'économies d'énergies et d'examiner leurs conditions d'accessibilité (coûts).

Pour répondre à cette problématique, nous avons eu recours à la modélisation prospective afin d'évaluer l'impact de l'industrie diffuse dans les engagements pris par la France en matière de consommations énergétiques et d'émissions de CO₂. Nous avons, tout d'abord, établi des frontières quantitatives à partir d'une approche multicritères basée sur des caractéristiques économiques et énergétiques pour extraire de façon quantifiée l'industrie diffuse des autres secteurs de l'industrie. Ensuite, la comparaison des différentes familles de modèles de prospective a permis d'établir l'approche la plus adéquate pour représenter cette famille industrielle. **Nous avons ainsi développé un modèle de prospective énergétique basé sur une approche « Bottom-Up » avec l'outil de modélisation TIMES.** À l'inverse de la description des secteurs IGCE qui se fait par les principaux produits manufacturés du secteur où chaque produit est ensuite décrit par un procédé de fabrication associé à des ratios de consommations énergétiques, l'industrie diffuse relève d'une toute autre approche. **Du fait de l'hétérogénéité de cette dernière au niveau des produits et des procédés, sa modélisation se fera par usages car l'approche produit/procédé n'est plus adaptée.** Les avantages de cette approche de modélisation sont, d'une part, une représentabilité parfaite du nombre considérable des opérations permettant ainsi une analyse rapide fiable et fine des procédés de l'industrie diffuse. D'autre part, à l'inverse de la modélisation des IGCE, **la structure est générique et donc commune à tous les secteurs de l'industrie diffuse**, représentant un avantage indéniable en termes de coût en temps de modélisation.

Enfin, **la finesse de cette approche permet de prendre en compte les effets de structure** dont l'analyse a mis en exergue toute son importance dans la modélisation de l'industrie diffuse. L'établissement de cette structure de l'industrie diffuse a ainsi permis de lever une difficulté majeure qui empêchait la réalisation d'un modèle de prospective générique. Ainsi, cette structure a permis d'analyser un cas particulier de l'impact de l'implantation de nouvelles technologies telles que la Pompe à Chaleur (PAC) au sein de l'industrie diffuse à travers un secteur clé: l'industrie agroalimentaire (IAA). Ce cas nous a permis d'explorer une partie des multiples potentialités que nous offre notre modèle. Le choix de l'IAA s'est imposé de par son importance sur le plan économique et énergétique au sein de l'industrie diffuse (près du tiers de la consommation d'énergie pour environ 1/5 de la valeur ajoutée) mais aussi dans l'industrie de façon globale (avec un poids énergétique environ 15% pour environ 14% de la valeur ajoutée).



Les résultats obtenus mettent bien en évidence la pertinence des chemins technologiques optimaux que propose le modèle en fonction des sollicitations environnementales et/ou énergétiques. La modélisation montre ainsi que l'implantation de PACs dans l'IAA permet d'atteindre une diminution de la consommation en énergie finale d'environ 12% par rapport au niveau de 1990 (10% par rapport à 2001) ce qui correspond à une baisse des émissions de CO₂ d'environ 9%.

Néanmoins, l'implantation de ces technologies n'étant pas maximale, nous avons voulu montrer des possibilités d'atteindre des gisements supplémentaires d'économies d'énergie par l'analyse de politiques d'incitations, soit en faisant appel à des mécanismes financiers via la baisse des émissions de CO₂ induites par les PACs, soit à des mécanismes dans le cadre de Certificat d'Economies d'Energie (CEE). Nous mettons ainsi en lumière, d'une part, une possibilité d'étude donnant lieu à l'ajustement incrémentiel d'une taxe sur les émissions par les autorités de régulation pour atteindre leurs objectifs environnemental et énergétique dans les secteurs de l'industrie diffuse sur le court, moyen et long-terme. D'autre part, il constitue un bon outil d'aide à la décision en permettant de déterminer des coûts différenciés des économies d'énergie dans le cadre d'investissements de technologies MDE au niveau de désagrégation le plus détaillé pour un meilleur criblage sectoriel. A ce titre, cette analyse a permis d'entrevoir qu'un maximum d'environ 40% d'économies d'énergie supplémentaires est atteignable par la mise en place d'une forte politique d'incitation sur les primes d'acquisition des pompes à chaleur.

En conclusion, notre modèle permet ainsi, non seulement d'observer le déploiement des différents types de pompes à chaleur et par tranche de température en réponse à des contraintes énergétiques et environnementales, mais aussi servir de cas d'étude MDE pour les secteurs de l'industrie diffuse. Il permettra d'aider à évaluer les niveaux de contribution de politique MDE au sein de l'industrie diffuse sur les engagements de la France dans le cadre du Paquet Energie Climat pour les secteurs non couverts par l'EU-ETS entre 2005 et 2020.

Bibliographie

Agence Internationale de l'Energie, World Energy Outlook 2010, IEA publications, 2010

E. Assoumou, Modélisation MARKAL pour la planification énergétique long-terme dans le contexte français, Ecole des Mines de Paris (Thèse), 2006.

J-M. Cayla, Les menages sous la contrainte carbone : Exercice de modélisation prospective des secteurs résidentiel et transports avec TIMES, Ecole des Mines de Paris (Thèse), 2011.

Commission des Communautés Européennes n° COM (2000) 769 final, Livre vert - Vers une stratégie européenne de sécurité d'approvisionnement énergétique, Novembre 2000.

Commission des Communautés Européennes n° COM (2006) 105 final, Livre vert - Une stratégie européenne pour une énergie sûre, compétitive et durable, Mars 2006.

DGEMP, Groupe « Facteur 4 », Version 2.9, Juin 2006.

A. Djemaa, Modélisation Bottom-Up, un outil d'aide à la décision long terme pour les mesures politiques en matière d'énergie et d'environnement - Le modèle TIMES appliqué aux industries grandes consommatrices d'énergie (IGCE), Ecole des Mines de Paris (Thèse), 2009.

Groupe Intergouvernemental des Experts sur le Climat (GIEC), Bilan 2007 des changements climatiques, 2007.



J. Percebois, Dépendance et vulnérabilité : deux façons connexes mais différentes d'aborder les risques énergétiques, Centre de Recherche en Economie et Droit de l'Energie (CREDEN), Cahier N° 06.03.64, Mars 2006.

J. Percebois, Les perspectives d'approvisionnement de l'Europe en Gaz Naturel, Séminaire International France-Amérique Latine et Caraïbes, Géopolitique, sécurité et durabilité : transition vers un nouvel ordre énergétique mondial, Santiago (Chili), Novembre 2007.

Gondia Sokhna Seck, Modélisation prospective de l'Industrie Diffuse (ID) pour l'évaluation de l'impact des politiques de Maîtrise de l'Energie (MDE) à partir du générateur de modèle TIMES : La récupération de chaleur par Pompes à Chaleur (PAC) dans l'industrie Agroalimentaire, Ecole des Mines de Paris (Thèse), 2012.

J. Syrota, J. Bergougnoux, T. Tuot et P. Hirtzman, Perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020-2050, Rapport de la commission Energie, Centre d'Analyse Stratégique (CAS), n°12, Volume 1, 2008.

World Commission on Environment and Development (WCED), Our common future, Oxford University Press, 1987.

Cet article constitue une synthèse de la thèse de doctorant soutenue le 4 janvier 2012 par Gondia SECK à MINES ParisTech, Paris.

<http://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00662459>



Retour sur les négociations climat : vers une sortie de la dépendance au sentier du régime climatique actuel ?

Christophe CASSEN
Ingénieur de recherche, CIRED/Chaire MPDD

Après un ultime *indaba*¹ nocturne et trente-six heures de négociations supplémentaires, soit un record dans l'histoire des négociations, la conférence de Durban s'est achevée sur un demi-succès marqué par un accord entre les parties². Ce suspense n'est pas sans rappeler celui des derniers sommets européens réunis au chevet de l'avenir incertain de la zone euro. Les conférences annuelles sur le climat n'échappent pas à ce processus de dramatisation qui, à chaque fois, les présente comme l'ultime occasion d'engager des efforts efficaces contre le changement climatique. Mais force est de constater que depuis l'élaboration de la feuille de Route de Bali en 2007 destinée à relancer un processus mis à mal par le refus de la ratification du Protocole de Kyoto par les Etats-Unis en 2001, le cours des négociations climat est loin de répondre à un scénario de film hollywoodien au dénouement heureux. Au-delà de la mise en scène orchestrée par les différentes parties aux négociations relayée par les médias, avec d'un côté les ONG associées aux pays les plus vulnérables en quête d'engagement ambitieux et, de l'autre, les principaux émetteurs cherchant à protéger leurs intérêts propres³, quels enseignements peut-on retirer de la conférence de Durban sur la dynamique du régime climatique mis en place dans les années 1990 ? D'une part, celle-ci a prolongé *in extremis* le Protocole de Kyoto, dont la première phase s'achève en 2012. L'objectif à terme d'aboutir enfin à accord global intégrant toutes les parties à la convention d'ici 2020 pourrait résulter de la constitution d'une « plateforme » dite de Durban⁴. D'autre part, la segmentation du processus de négociations s'est accrue depuis les années 1990 avec un nombre toujours plus important de sous-groupes de négociations (sur la convention, le Protocole, la forêt, l'adaptation, le fonds vert, etc.) qui forment autant de « briques » de négociations (*building blocks*) dont l'unité ne ressort pas aisément. Enfin, le rôle grandissant des pays en développement dans les négociations climat rend encore plus délicat leur intégration dans le processus de réduction des émissions. Ces évolutions récentes sont-elles alors susceptibles de bouleverser la gouvernance des enjeux climatiques et dénouer le « nœud gordien » entre les pays en développement et développés autour des enjeux des stratégies de développement respectives sur le long terme ?⁵

Pour éclairer les dynamiques de changement du régime climatique, on aura recours à la notion empruntée à l'économie des changements technologiques de *dépendance au sentier* qui permet d'éclairer comment les choix du passé ont créé des irréversibilités institutionnelles. A l'instar des irréversibilités observées dans le cas de certaines technologies, comme le maintien du clavier QWERTY (David, 1984) en dépit de l'existence d'un clavier mieux adapté aux capacités et aux besoins présents, des mécanismes institutionnels peuvent limiter les bifurcations en matière de politiques, jugées trop coûteuses par les acteurs en raison des investissements à mettre en œuvre en matière d'apprentissage, de coordination et d'anticipation. La dépendance au sentier s'accompagne de rendements croissants semblables à ceux observés dans le cas de la diffusion à grande échelle d'une technologie⁶. Arthur (1994) a montré que ces effets pouvaient



conduire à verrouiller les positions de certaines technologies, empêchant le développement d'alternatives potentiellement supérieures. Paul Pierson applique dans un ouvrage classique la notion de dépendance au sentier aux tentatives manquées de démembrement de l'Etat Providence (1994) par les gouvernements Reagan et Thatcher⁷. Le cadre de cet article ne permet pas d'appliquer systématiquement cette notion⁸ mais plutôt d'identifier des verrous institutionnels dans le traitement du changement climatique (*lock in*) au niveau international susceptibles de créer un processus de dépendance au sentier en particulier à l'égard du traitement des enjeux de développement et d'essayer d'évaluer les possibilités de changement.

Emergence d'une dépendance au sentier autour de la mise en place d'une gouvernance mondiale du changement climatique dans les années 1990

La gouvernance climatique internationale repose sur deux piliers centraux qui cadrent le processus de négociation depuis bientôt trente ans. Le premier est la convention climat signée à Rio en 1992 qui a institué une architecture de gouvernance globale autour de quatre éléments clés : un objectif environnemental de long terme (article 2)⁹, un autre de court terme avec des objectifs quantifiés de réduction (les pays industrialisés dits de l'annexe 1 acceptent de stabiliser leurs émissions de gaz à effet de serre en 2000 au niveau de 1990), une prise en compte des enjeux d'équité (Article 3 et 4 principe de responsabilité commune mais différencié) et des mécanismes économiquement efficaces.

Le second pilier est le Protocole de Kyoto, signé en 1997, qui résulte des négociations entamées à la suite de l'adoption du mandat de Berlin en 1995 autour des engagements quantifiés de réduction des pays industrialisés. Ces derniers s'engagent à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2012, avec en appui un marché d'échange de permis et de mécanismes de flexibilité. Le contenu du Protocole sera définitivement adopté en 2001 à la conférence de Marrakech et entrera en vigueur en 2005. Le Protocole de Kyoto constitue plus largement une inflexion de la convention climat vers une vision climato-centrée (Hourcade, 2008) axée principalement autour des objectifs de réduction des émissions qui laisse en partie de côté les enjeux de développement (réduction de la pauvreté, développement de systèmes sociaux dans les pays en développement ou maintien dans les pays développés, construction d'infrastructures bas carbone, etc.). Au milieu des années 1990, les pays en développement sont par ailleurs marginalisés dans le processus de négociation par rapport au rôle central joué par les Européens et les Américains, même si les jeux n'étaient toutefois pas joués d'avance¹⁰.

Au cours de la période qui suit l'institutionnalisation de la Convention et du Protocole¹¹, deux verrous institutionnels prennent forme dans le cadre d'un régime climatique multilatéral ou *top down*. Les acteurs (scientifiques, diplomates) se focalisent tout d'abord autour de l'approche par les quantités, c'est-à-dire axée sur la mise en place d'objectifs chiffrés de réduction des émissions, par opposition à l'approche par prix, i.e. la recherche d'un prix du carbone consensuel. Celle-ci a non seulement guidé la mise en œuvre de politiques climatiques en incitant à la création de marchés carbone comme l'EU-ETS en Europe, en Nouvelle Zélande ou encore à l'échelle de certains états américains mais également les travaux de la communauté des économistes et des modélisateurs qui ont interprété le Protocole de Kyoto comme une étape vers l'émergence d'un prix unique (Tirole, 2009). Cette approche est devenue par ailleurs le moyen privilégié pour atteindre l'objectif de limitation de la hausse de la température globale à 2°C d'ici la fin de ce siècle. Cet objectif, résultat d'un processus de co-construction entre la sphère scientifique et la décision, est devenu progressivement un point de passage incontournable dans les négociations et dans la production scientifique, en prenant le relais des objectifs de réductions en concentration dans les années 1990 (Cointe *et*



al, 2011)¹².

Une dépendance au sentier des politiques climatiques se dessine autour de ces deux principaux verrous institutionnels qui s'auto-entretiennent par les interactions entre science et décision. En effet, une fois que les objectifs de réduction d'émissions chiffrés ont été actés, la recherche par exemple en économie s'est focalisée sur la façon d'atteindre ces objectifs à moindre coût. En raison des liens relativement étroits entre les négociateurs et les scientifiques (allers-retours de personnels entre les institutions de recherche et administratives, participation à des forums d'expertise commun), les résultats ont progressivement innervé la communauté des négociateurs renforçant de fait l'approche par les quantités (rétroaction *politique*). Elle repose plus fondamentalement sur une vision du développement considérée comme une contrainte subordonnée aux enjeux environnementaux.

Le retour des enjeux de développement sur la scène des négociations comme facteur de changement

Ces verrous ont alors rendu plus complexe la relance des négociations climat à Bali en 2007. Pourtant, une feuille de route est adoptée avec comme objectif la signature d'un accord mondial sur le climat d'ici 2009. Deux sous-groupes de discussion sont institués, l'un sur l'avenir de la convention climat (AWG-LCA¹³) et le second sur celui du Protocole de Kyoto (AWG-KP¹⁴) qui sont censés converger vers un accord unique. Des négociations sont également engagées sur la création d'un fonds vert pour l'adaptation au changement climatique et un mécanisme de limitation des GES au niveau forestier (REDD¹⁵). Une vague d'espoirs très importante s'élève enfin avant la conférence de Copenhague considérée comme celle de la dernière chance, d'autant plus que des rapports d'experts très médiatisés ont souligné l'urgence de l'action (Stern, 2006)¹⁶.

Mais aux lendemains de la conférence de Copenhague, la communauté internationale est brusquement confrontée à la réalité des enjeux géopolitiques des négociations climat en dépit de l'urgence climatique (Dahan *et al*, 2010). Les pays en développement avec comme allié de poids les Etats-Unis n'accepteront pas d'intégrer un accord global contraignant de réduction des émissions pour préserver leur trajectoire de développement, exponentielle depuis ces vingt dernières années. Or en raison de leur développement économique, les BASIC (Brésil, Afrique du Sud, Inde et Chine) deviennent progressivement la pierre angulaire de tout accord de réduction sur le climat¹⁷. Ce développement économique sans précédent s'est accompagné d'une recomposition géopolitique globale des négociations climat. La première décennie de négociations (1991-2001) avait en effet été dominée par l'axe Etats-Unis-Europe et débouché sur la constitution d'un régime international reposant sur des accords contraignants, illustrant une approche multilatérale en matière d'architecture de négociation (Aldy et Stavins, 2007). Dès la conférence de Marrakech en 2001, la pression sur la nécessaire adoption par les pays en développement de réduction d'émissions devient plus forte surtout après le refus des Etats-Unis de ratifier le protocole de Kyoto (Bodansky, 2010).

La conférence de Copenhague manifeste les limites d'une conception des négociations axée principalement sur la répartition du fardeau des émissions (*burden sharing*) alors que les enjeux d'équité entre les pays développés et en développement n'ont toujours pas été réglés. En d'autres termes, la conférence de Copenhague a rappelé aux pays développés que le « droit au développement » entériné par la conférence de Rio autour de la notion de développement durable et du principe de responsabilités communes mais différenciées de la convention ne serait pas sacrifié au nom de la préservation de l'environnement. Ces facteurs de changements impulsés par ces bouleversements géopolitiques sont-ils pour autant en train de modifier le



cadre du régime climatique actuel en réalignant ce dernier sur les enjeux de développement (Heller and Shukla, 2003, Pershing, 2007, Shukla and Dhar, 2011) ?

Le régime climatique actuel : entre ruptures et continuités

L'entrée en force des BASIC sur la scène internationale des négociations a non seulement révélé un bouleversement des équilibres géopolitiques entre les pays du Nord et du Sud, accentués par la crise financière, mais également un début de changement de paradigme dans les négociations climat. Copenhague a marqué une inflexion par rapport au régime climatique fondé sur une architecture de négociation descendante et dessiné les contours d'une architecture hybride et fragmentée qui repose à la fois sur des engagements de long terme ambitieux (objectif de limiter l'augmentation de la température à 2°C d'ici la fin du XXI^e siècle) et d'engagements non contraignants incluant pour la première fois les pays émergents¹⁸. Ce changement révèle l'émergence d'une dynamique ascendante ou *bottom up* des négociations (Bodansky, 2010) au sein de laquelle les BASIC occupent une place croissante, voire une volonté de réaligner en partie les politiques climatiques sur les enjeux de développement¹⁹. C'est ce qui apparaît dans l'appel à un changement de paradigme présent dans la déclaration finale de la conférence de Cancun (2010)²⁰. La nouvelle donne géopolitique s'accompagne-t-elle d'une nouvelle approche des négociations tant dans le cadrage des principaux enjeux qu'en terme d'architecture ?

Dès le milieu des années 2000²¹ un débat s'est engagé sur l'avenir du régime climatique post Kyoto. Certains observateurs estiment qu'un accord international sur le climat n'est pas nécessaire pour inciter les pays à mettre en œuvre des politiques climatiques. Une architecture ascendante pourrait prendre la forme d'un accord non contraignant intégrant seulement les pays les plus émetteurs rassemblés dans un club (*k group*) prenant exemple sur l'OMC (Victor, 2006) suffisamment flexible pour limiter les coûts de transaction liés à l'élaboration d'un accord global, ou d'un « complexe de régimes » (un pour la déforestation, les technologies et la question du transfert entre pays du Nord et du Sud, des institutions de financement) (Keohane et Victor, 2010) reposant sur les « briques » de négociations actuelles. D'autres considèrent que le régime de coordination actuel peut jouer le « rôle de chapeau » à ces mêmes « briques » autonomes (Falkner and Vogler, 2010) ou contribuer à harmoniser progressivement des politiques domestiques adaptées aux enjeux de développement spécifiques à chaque pays (Pizer, 2007). Ces analyses semblent aller dans le sens du constat que, par analogie avec la science économique, le régime climatique actuel suit une tendance sous-optimale eu égard à l'urgence climatique, aux engagements flous de certaines parties à l'issue de la conférence de Copenhague²² et, plus largement, aux enjeux de développement des pays émergents.

Toutefois, les perspectives de changements à moyen terme ne doivent pas être surestimées. La conférence de Copenhague peut être considérée comme un accident de parcours qui ne remet pas fondamentalement en cause le chemin institutionnel emprunté. Le sauvetage in extremis au cours des deux dernières conférences sur le climat du régime climatique hérité de Rio et Kyoto montre que la communauté n'est pas prête à l'abandonner même si des inflexions sont en cours « *Once again pulled a rabbit out of the hat by saving the talks from complete collapse* » (Stavins, 2011). Par ailleurs, la plateforme de Durban institue un nouveau système dans lequel toutes les parties sont censées trouver un accord non contraignant d'ici 2020 tout en éliminant la distinction entre pays de l'annexe 1 et non annexe 1. Comme le souligne Douglas North (1990), le phénomène de dépendance au sentier tient en grande partie au comportement des individus et ici plus particulièrement aux principaux acteurs de la négociation climat. Il ne faut pas sous-estimer les coûts d'apprentissage et de coordination importants liés à



un changement de système. L'Europe joue en particulier sa crédibilité dans le maintien du régime actuel dont elle a été le moteur et les pays émergents l'utilisent pour faire pression sur les pays développés en matière d'engagement de réduction des émissions²³. Par ailleurs, des MDP²⁴ aux namas²⁵, la réflexion autour du développement des pays du sud n'a jamais été absente des négociations même si une approche intégrée des projets est récente.

Les enjeux pour la modélisation prospective

Les tâtonnements et les hésitations observés actuellement sur un régime Post Kyoto plus ou moins centralisé et contraignant témoignent de l'existence d'une dépendance au sentier à l'égard du régime climatique de coordination internationale institué dans les années 1990 centrés sur une approche climato-centrée qui traite partiellement des enjeux de développement pour les pays du sud, devenus désormais la pierre angulaire de tout accord climatique. Les institutions mises en place ont créé des verrous institutionnels et intellectuels parmi la communauté des décideurs et des scientifiques qui limitent les marges de manœuvre en matière de changement. Si au cours de ces vingt dernières années, une interprétation fondée sur des objectifs de réduction des émissions climato-centrée l'a emportée, soutenue en particulier par l'Europe, les changements récents, sous la forme d'une compartementalisation croissante des négociations, tendent à intégrer plus fortement les engagements de la convention en matière d'enjeux de développement dans le design d'une architecture climatique. En ajoutant une nouvelle strate institutionnelle (*layering*), pour l'instant floue, ce processus est susceptible toutefois de déboucher à terme sur un nouveau sentier institutionnel qui privilégie une approche des enjeux de développement plus intégrée et mieux articulée avec la lutte contre le changement climatique²⁶.

Parmi les multiples moteurs du changement, l'expertise peut jouer, en interface avec la décision publique, un rôle non négligeable de légitimation théorique d'un nouveau design de politiques climatiques et faire sauter certains verrous du sentier de dépendance actuel. La science économique standard a largement participé à la justification d'un système climatique centralisé autour de la notion d'un prix unique du carbone comme moyen de limiter les coûts de réduction. Mais cette vision du monde est confrontée à la complexité du monde réel ; divergences d'intérêts, politiques domestiques préexistantes, inertie voire irréversibilité des choix techniques dans certains secteurs, en particulier lorsqu'on s'intéresse aux pays en développement (Crassous, 2008, Guivarch, 2010). Une réflexion sur les instruments économiques et leur justification théorique adaptés à ce contexte spécifique apparaît par conséquent nécessaire, tout comme la nécessité de repenser l'évaluation des politiques domestiques, en particulier au travers de l'élaboration d'une nouvelle génération de scénarios par la communauté des modélisateurs technico-économiques.

Bibliographie :

Aldy J., Stavins R. (eds), *Architectures for Agreement : Addressing Global Climate Change in the Post-Kyoto World*, Cambridge, Cambridge University Press, 2007

Bodansky D., 2010, «The International Climate Change Regime: The Road from Copenhagen», «SSRN paper

Crassous, R., *Modéliser le long-terme dans un monde de second rang : application aux politiques climatiques*, thèse de doctorat, AgroParisTech, 2008



Dahan A., Aykut S., Buffet C., Viard-Créat A., (2010), Les leçons politiques de Copenhague, faut-il repenser le régime climatique ?, *Koyré climate series*, 2, février

David P.A., 1984, Clio and the Economics of QWERTY, *The American Economic Review*, Vol. 75, No. 2

Falkner R., Stephan H., Vogler J., (2010), International Climate Policy after Copenhagen: Towards a “building block” Approach, *Global Policy*, 1 (3), p.252-262

Guivarch C., Evaluer le coût des politiques climatiques, de l'importance des mécanismes de second rand, thèse en économie, Ecole des Ponts Paris Tech/Paris Est, octobre 2010

Hallegatte S., Heal G., Fay M., Treguer D., 2011, From Growth to Green Growth a Framework World Bank, Policy Research Working Paper 5872

Hourcade, J.-C., Shukla, P. R., & Mathy, S. (2008). Untying the climate-development gordian knot—economic options in a politically constrained world. In R. Guesnerie & H. Tulkens (Eds.), *The design of climate policy*. Cambridge: MIT Press.

Hourcade, J.-C., Hallegatte S. (2008), Le rapport Stern sur l'économie du changement climatique : de la controverse scientifique aux enjeux pour la décision publique et privée, Etude pour l'Institut Véolia.

IPCC, (2007), *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A.Meyer (eds), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., 851 pp

Keohane R.O, Victor D.G., (2010), *The Regime Complex for Climate Change*. Boston, Harvard Kennedy School, Harvard project on International Climate Agreements, January

Kriegler, K., O'Neill B., (2010) Hallegatte S., Kram T., Lempert R., Moss R., Wilbanks Th., *Socioeconomic Scenario Development for Climate Change Analysis*, CIRED Working paper

Levin K., Bradley R., (2010), *Comparability of Annex I Emission Reduction Pledges*. Washington D.C., World Resources Institute, WRI Working Paper, February.

North D., C., (1990), *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*, Cambridge, Cambridge University Press, 1990

Pershing J., (2007), “Using the development agenda to build climate mitigation support”, in Aldy J., Stavins R. (eds), *Architectures for Agreement : Addressing Global Climate Change in the Post-Kyoto World*, Cambridge, Cambridge University Press, 2007

Pizer, W. A., (2007), “Practical Global Climate Policy”, in Aldy J., Stavins R. (eds), *Architectures for Agreement : Addressing Global Climate Change in the Post-Kyoto World*, Cambridge, Cambridge University Press, 2007

Pierson, P. (2004). *Politics in Time: History, Institutions, and Social Analysis*. 2004. Princeton University Press.

Pierson, P. (2000). «Increasing Returns, Path Dependence, and the Study of Politics.» *American Political Science Review* 94(2): 251-267

Pierson, P., (1994), “Dismantling the Welfare State? Reagan, Thatcher and the Politics of



Retrenchment”, Cambridge, Cambridge University Press

Rogelj J., Chen C., Nabel J., Macey K., Hare W., Schaeffer M., Markmann K., Höhne N., Krogh K. and Malte Meinshausen, Copenhagen Accord pledges are paltry, *Nature* 464, 1126–1128 (22 April 2010) doi:10.1038/4641126a Published online 21 April 2010

Sachs, I. (1980). *Stratégies de l'écodéveloppement*. Paris, Ed. Ouvrières et Ed. Economie et Humanisme.

Stavins, R., N., (2011), *Assessing the Climate Talks — Did Durban Succeed?*, Harvard Post

Stern, N. H., (2006), “The Economics of Climate Change: The Stern Review”, Great Britain Treasury, Cambridge University Press, 2007, 692 pp.

Shukla, P. R., & Dhar, S. (2011). “Climate agreements and India: aligning options and opportunities on a new track.”, *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, DOI 10.1007/s10784-011-9158-6

Tirole J., *Politique climatique: une nouvelle architecture internationale*, n°27, Rapport pour le Conseil d'Analyse Economique, La Documentation Française, octobre 2009.

Victor, D.G., (2006) , *Toward Effective International Cooperation on Climate Change: Numbers, Interests and Institutions*, *Global Environmental Politics*, Volume 6, Number 3

Zenghelis, D., 2011. *A macroeconomic plan for a green recovery*, Policy paper, Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment.

Notes

[1] En référence au mode de réunion utilisé par la présidence sud-africaine au cours des négociations, ouverte à toutes les parties et dont l'objectif est parvenir à un compromis avec un cadrage minimal. *L'Indaba* est un terme zoulou qui signifie historiquement une « réunion » entre les chefs de différentes communautés, pour faire connaissance et apprendre à progresser ensemble vers un but commun.

[2] http://unfccc.int/meetings/durban_nov_2011/meeting/6245.php

[3] L'Europe est un cas particulier car elle fait partie des principaux émetteurs tout en jouant un rôle de premier plan dans la lutte contre le changement climatique.

[4] La Plateforme de Durban lance un processus pour développer un protocole, un autre instrument juridique ou un texte agréé doté de force juridique dans le cadre de la Convention applicable à toutes ses parties. Un groupe de travail ad hoc est créé dont les travaux engagés avant la mi-2012 devront s'achever au plus tard en 2015, pour prendre effet à compter de 2020.

[5] Dès la conférence de Stockholm en 1972, les pays dits du Tiers monde à l'époque conditionnent leur action en faveur de la protection de l'environnement à la garantie de préserver leur développement.

[6] En effet, l'adoption grandissante d'une technologie crée un effet d'entraînement qui renforce la diffusion de la dite technologie.

[7] En effet les tentatives de réforme radicale de l'état providence américain et britannique au début des années 1980 se heurtent à des freins institutionnels (opposition des syndicats, d'une partie de la bureaucratie) qui en limitent les effets.

[8] En s'inspirant des travaux d'Arthur et de Douglass North (1991) sur la notion de rendement croissant, Pierson (2004) définit ainsi quatre composantes principales d'une dépendance au sentier: l'imprédictibilité (impossible de prédire les états finaux de la politique engagée), l'inflexibilité (le développement d'une politique limite le choix de nouvelles options), la non ergodicité et l'inefficience potentielle du sentier emprunté (la trajectoire



empruntée peut être sous-optimale).

[9] « L'objectif ultime de la Convention est de stabiliser conformément aux dispositions pertinentes de la Convention, les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique du système climatique »

[10] L'Europe au départ fut favorable au début des années 1990 à une coordination de taxes carbone nationales complétée par des politiques et mesures prenant en compte les enjeux de développement des pays en soutenant le projet d'adoption d'une taxe mixte carbone/énergie à l'échelle européenne. Elle change pourtant de position avant la conférence de Kyoto à la suite de l'opposition de certains Etats membres comme l'Allemagne soucieuse de protéger son industrie et la France (opposition de l'industrie nucléaire) et d'une conversion progressive aux mécanismes de quantité de la commission.

[11] Par processus cognitif on entend l'ensemble des croyances, des pratiques qu'une communauté de décideurs ou d'expert a développées dans un cadre institutionnel précis. Par exemple, les questionnements posés par les modélisateurs technico-économiques

[12] Les auteurs utilisent pour cela une analyse sémantique des occurrences liées au terme 2°C sur un corpus de textes à la fois scientifiques et de négociation. La principale raison mise en avant de l'adoption de cet objectif est son imprécision qui permet à chaque partie d'y trouver son compte.

[13] AWG-LCA: Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action

[14] AWG-KP: Ad Hoc Working Group on the Kyoto Protocol. Celui-ci a été plus précisément mis en place dès 2005.

[15] *Reducing Emissions from Deforestation and Forest*

[16] Le rapport Stern conclut qu'un pour cent du PIB investi maintenant suffirait à fortement atténuer les effets du changement climatique. Pour une critique constructive des hypothèses du rapport en particulier autour de la méthode de calcul des coûts des impacts et des politiques d'atténuations voir (Hourcade et Hallegatte, 2007). Le IVe rapport de l'IPCC (IPCC 2007) souligne de son côté que pour limiter l'augmentation de la température moyenne à l'échelle du globe à plus de 2°C d'ici la fin du siècle, il convient d'infléchir la courbe des émissions d'ici 2020.

[17] Ils seront en effet les principaux émetteurs de GES dans les décennies à venir (AIE, 2010) en raison de besoins en infrastructures (transport, résidentiel, production d'électricité...) considérables pour alimenter la phase de rattrapage économique avec les pays du Nord.

[18] Rien ne garantit a priori l'adéquation des engagements pris à Copenhague à l'objectif 2°C. Des travaux de modélisation ont montré en particulier qu'ils n'étaient mènent à une augmentation comprise entre 3 et 3,5°C (Rogelj et al, 2010).

[19] La mise en place de Namas (*Nationally appropriate mitigation actions*) c'est-à-dire de projets nationaux de réduction des gaz à effet de serre par les pays en développement cofinancés par les pays développés dans le cadre de la feuille de route de Bali en est un exemple.

[20] "The Conference of the Parties (...) realizes that addressing climate change requires a paradigm shift towards building a low-carbon society that offers substantial opportunities and ensures continued high growth and sustainable development, based on innovative technologies and more sustainable production and consumption and lifestyles, while ensuring a just transition of the workforce that creates decent work and quality jobs." Advance unedited version, Draft decision -/CP.16 - Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on long-term Cooperative Action under the Convention, article 10

http://unfccc.int/files/meetings/cop_16/application/pdf/cop16_lca.pdf

[21] Voir en particulier (Aldy and Stavins, 2007)

[22] Un débat a surgi sur la compatibilité des engagements pris à Copenhague par rapport à l'objectif 2°C. Au mois de mars 2010, 75 pays avaient transmis leurs *pledges* auprès du secrétariat de l'UNFCCC. Des travaux d'évaluation quantifiés ont montré que ces engagements n'étaient pas compatibles avec l'objectif de 2°C mais plus avec une trajectoire de 3, 3,5°C (Lewin et Bradley, 2010, Rogelj et al, 2010). L'adoption d'engagements selon des indicateurs hétérogènes (intensité énergétique du PIB, réductions quantitatives des émissions) relatifs à des années de références également hétérogène (1990,2000...) ne facilite pas l'évaluation des réductions d'émissions.



[23] Le régime climatique actuel survit peut être paradoxalement grâce au dialogue de sourd entre les pays en développement et les pays développés. Les premiers posent comme condition à leur intégration dans un accord global contraignant la poursuite des engagements des pays développés dans le cadre du Protocole de Kyoto alors que les seconds attendent des engagements de la part des grands émergents pour poursuivre leur engagements dans le cadre de Kyoto. L'attentisme des deux parties est susceptible d'être le meilleur soutien au régime climatique actuel.

[24] Mécanismes de développement propre

[25] Les *Nationally appropriate Mitigation Action* font partie des éléments de la feuille de route de Bali

[26] Enfin, sur le plan conceptuel, comment ne pas voir dans les nombreux travaux récents autour du concept de croissance verte (Hallegatte and al, 2011, Zhenghelis, 2011, OCDE, 2011) qui se donne comme objectif de rendre plus résilient nos sociétés vis-à-vis des grands problèmes environnementaux tout en ne sacrifiant pas l'idée de la croissance, une certaine mise en pratique de ce changement de paradigme ou dans le passé la notion d'éco-développement (Sachs, 1980)

[27] Nous pensons ici en particulier au processus d'élaboration des scénarios SSP (*Shared Socio Economic Pathways*) comme visions alternatives du monde futur sous-jacente aux scénarios de concentrations des RCP (*representative concentration pathways*) qui cherche à concilier les enjeux environnementaux et de développement en intégrant les échelles globales et régionales (Kriegler E., O'Neill B., Hallegatte S., Kram T., Lempert R., Moss R., Wilbanks Th., Socioeconomic Scenario Development for Climate Change Analysis, cired WP, octobre 2010.



La maîtrise de la demande d'électricité : l'exemple de Gridteams

Johann THOMAS
Ingénieur, GridPocket

Lundi 6 février 2012, une alerte rouge aux risques de délestages pour la région Provence Alpes Côte d'Azur¹ est envoyée par le Gestionnaire du Réseau d'électricité français. Encore une journée critique pour le réseau, la cinquième de suite, dans cette zone connue pour être une péninsule électrique, en effet l'approvisionnement y est peu maillé et la vague de froid implique une hausse de la consommation d'électricité.

Ces périodes de crises sont connues, prévues et anticipées... pourtant aussi longtemps que le réseau restera dans l'état actuel, des clients seront délestés et l'activité de tous sera menacée par une coupure généralisée de la zone. Un tel scénario catastrophe aurait des conséquences locales mais également européennes sachant l'interconnexion des réseaux et la propagation des black-out sur l'ensemble de la plaque continentale².

Ce stress résiliaire pourrait être réduit par différents procédés, la construction de nouvelles lignes de transport, la construction de nouvelles capacités de production localisées dans ces régions « isolées », le déploiement de stockage d'électricité ou le déploiement des réseaux intelligents. Même si les trois premières solutions semblent accessibles³, elles sont éloignées de la réalité actuelle alors que le déploiement des réseaux intelligents a, lui, déjà commencé.

GridTeams, un projet innovant vient en effet d'être lancé à Cannes, 30 foyers équipés d'un compteur communicant vont avoir accès en ligne à leur consommation instantanée d'électricité. Le but du projet est d'aider les consommateurs équipés à maîtriser leur consommation. Cette évolution n'est possible que par la combinaison d'informations techniques et pratiques, mais également par un apprentissage et une appropriation de son comportement énergétique.

C'est pourquoi, à partir d'une proposition simple : « Maîtriser sa consommation électrique », ce projet de recherche a permis la collaboration de nombreux acteurs de l'énergie et des télécommunications. L'équipe se compose d'institutions publiques : la ville de Cannes et la Région Provence-Alpes-Côte-D'azur, d'équipes scientifiques : Le Centre de Mathématiques appliquées de MINES ParisTech et des sociologues de Télécom ParisTech, d'entreprises de l'énergie et des nouveaux moyens de communication : WIT, GridPocket (coordinateur du projet), Planète OUI et enfin de foyers cannois volontaires.

Les pré-requis pour participer à l'étude étaient notamment d'utiliser l'électricité pour le chauffage et pour l'eau chaude sanitaire. La période d'étude est prévue pour une année qui commence par un diagnostic énergétique du logement et d'un entretien sociologique avec le foyer, ces deux analyses permettent de tracer un profil énergétique synthétisant aussi bien le bâtiment que le comportement vis-à-vis de l'énergie. Une fois ces informations collectées, le foyer est équipé par l'entreprise WIT, une PME de Saint Laurent du Var (06), d'une « box » qui envoie trois types d'information : la température du logement, la puissance active et l'énergie active ; elles sont recueillies à des pas de temps réguliers et stockées. Ces données sont alors rendues aux foyers par l'intermédiaire d'une solution développée par la start-up GridPocket,



qui permet d'avoir accès simplement à sa consommation tout en la replaçant dans la situation énergétique réelle du foyer. GridPocket qui utilise à la fois la modélisation énergétique élaborée en collaboration avec MINES ParisTech et l'analyse sociologique de Telecom ParisTech, ainsi que les conseils du fournisseur d'électricité Planète OUI, propose ainsi au foyer de voir sa consommation tout en lui suggérant des voies d'amélioration, un objectif accessible à atteindre (cf Fig. 1).

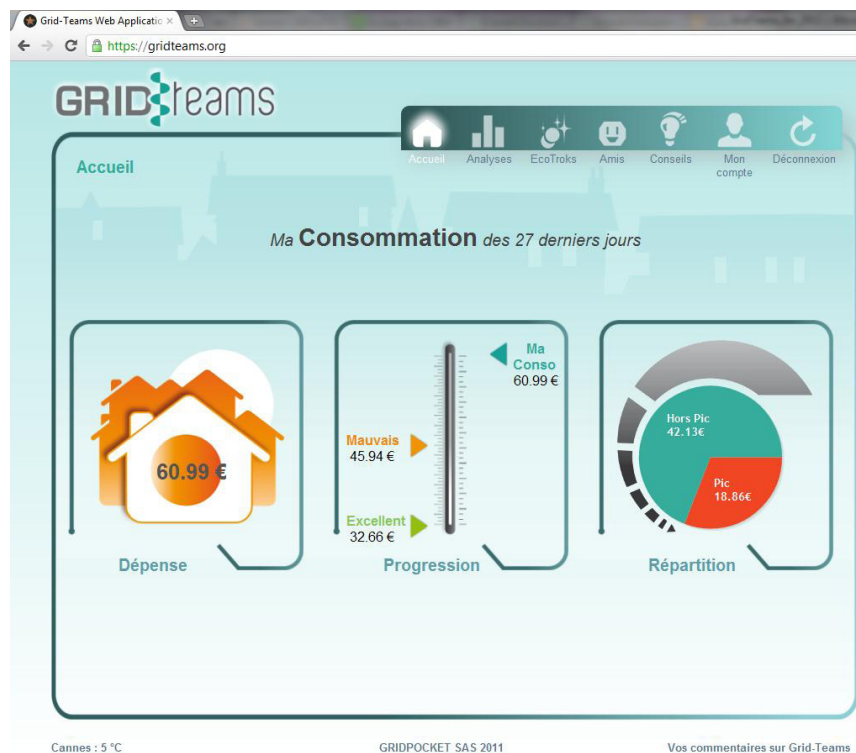


Fig. 1: Exemple de l'information retransmise au participant du projet GridTeams

Le projet prévu en plusieurs étapes doit aussi aboutir à l'appréciation de méthodes incitatives pour que les participants s'approprient de plus en plus leur facture d'électricité⁴. Cette solution est mise en place afin de contourner la tendance actuelle à la culpabilisation des usagers vis-à-vis du changement climatique et de la dette énergétique. Les incitations pourront prendre des formes variées, elles seront supportées par des actions de la ville de Cannes, les participants pourront suivre leur évolution, leurs progrès.

Un échantillon test de 30 foyers peut paraître modeste compte tenu des enjeux abordés dans l'introduction de ce billet, pourtant ce projet de recherche va permettre de calibrer de nombreux éléments de la demande d'énergie peu connus actuellement, de même ce travail apportera des clarifications sur le déploiement à grande échelle des réseaux intelligents. En effet, les méthodes possibles à cette échelle ne supporteront pas, sans une abstraction importante et une modélisation solide, la mise à disposition du service à des millions de foyers.

Cet article est certainement optimiste – et évidemment partisan car son rédacteur est membre de GridPocket - lorsqu'il prétend que GridTeams pourrait être un levier pour lutter contre les congestions des journées extrêmement froides comme aujourd'hui, pourtant il est indéniable que la consommation électrique et énergétique du futur passera par une maîtrise par l'utilisateur lui-même et non par des entités abstraites et des prises de décisions centralisées.



Notes

[1] <http://www.ecowatt-provence-azur.fr/> un site d'abonnement aux alertes de consommation mis en place par RTE sur les régions électriques difficiles comme la Paca ou la Bretagne : <http://www.ecowatt-bretagne.fr/>

[2] Voir par exemple le rapport intermédiaire sur le black-out italien du 28 septembre 2003 : <https://www.entsoe.eu/index.php?id=59> page ou plusieurs rapports de l'Union européenne des TSO sont disponibles.

[3] Notamment le doublement des lignes qui a commencé via un ensevelissement.

[4] L'incitation économique traditionnelle : le prix, ne joue actuellement pas son rôle avec un kWh à 0,11 centimes d'€. Un comportement énergétique vertueux ne permet que d'économiser quelques euros sur une facture trimestrielle.

Contact :

Johann THOMAS

E-mail: johann.thomas@gridpocket.com

Site Web: <http://www.gridpocket.com>



La récupération d'énergie dans les eaux usées.

Thomas PAULO

Mastère OSE, MINES ParisTech, Promo 2011

Depuis quelques années sur le marché du chauffage-climatisation des particuliers, on assiste à l'émergence d'un foisonnement d'offres basées sur des pompes à chaleur puisant des calories dans l'air extérieur ou dans le sous-sol via un réseau de tubes enterrés. Ces dispositifs utilisent la capacité des pompes à chaleur à extraire des calories dites « basse température » pour pouvoir les exploiter en tant que calories dites « haute température » afin de réchauffer un fluide, le tout grâce à un apport électrique.

Si l'air ambiant présente l'inconvénient d'avoir une température assez variable durant l'année, ce qui dégrade le Coefficient de Performance (COP : rapport entre l'énergie fournie et l'énergie électrique consommée par la pompe à chaleur), l'utilisation de tubes enterrés permet de tirer profit de la relative inertie du sous-sol (par exemple, pour une profondeur de l'ordre de 4,50 m, la température est considérée comme constante tout au long de l'année et égale à 12°C environ).

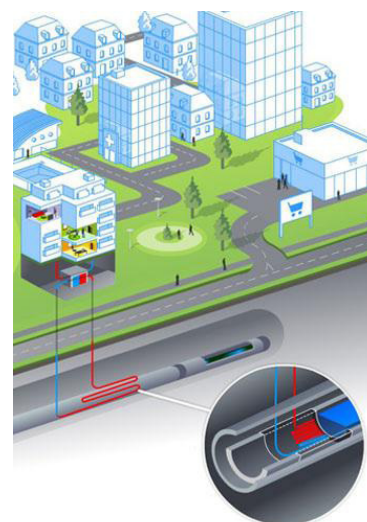
Partant du constat que les eaux usées rejetées en égout jouissent également d'une température qui varie très peu au cours de l'année, les industriels ont commencé à entrevoir une possible « géothermie sur eaux usées ». En effet, celles-ci présentent une température comprise entre 15 et 20°C quelle que soit la saison. De plus, il a été observé que cette température ne cesse d'augmenter année après année.

L'idée sous-jacente est d'implanter des échangeurs qui vont permettre un échange de calories entre les eaux usées et un fluide caloporteur. La pompe à chaleur va permettre un transfert de calories de ce premier fluide caloporteur vers un deuxième réseau circulant dans le bâtiment équipé du dispositif.

Plusieurs technologies disponibles

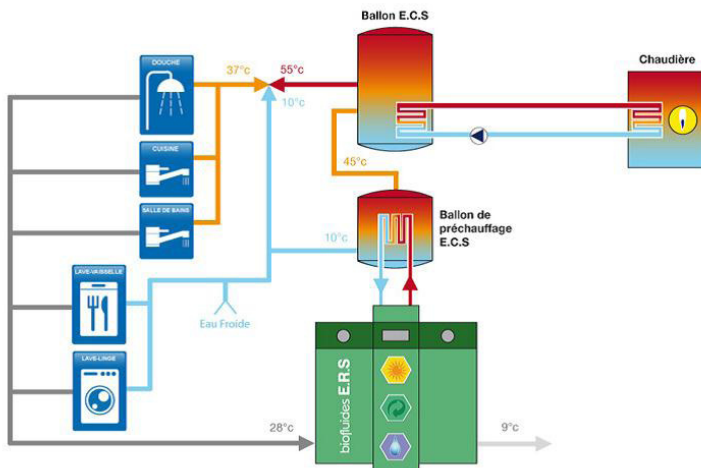
Le mode d'implantation des échangeurs de chaleur est le principal facteur différenciant les technologies actuellement disponibles [1]. Présentons ici deux technologies importantes.

Degrés Bleus (DB) [2], solution développée par la Lyonnaise des Eaux à partir d'un brevet de la société suisse Rabtherm, s'appuie sur des échangeurs de chaleur à plaques en inox situés dans le fond des canalisations du réseau d'assainissement. Dans le cas d'un renouvellement d'une partie du réseau, ceux-ci peuvent être directement intégrés à la canalisation. Après son passage dans les échangeurs, le fluide caloporteur se dirige vers la pompe à chaleur, implantée dans un local spécifique, qui renvoie une eau dont la température peut atteindre 70°C vers le bâtiment à chauffer via un circuit secondaire. La solution DB est réversible ce qui présente l'avantage de pouvoir chauffer mais également rafraîchir les bâtiments en fonction des saisons. Il est important de noter que le dispositif DB est entièrement instrumenté en temps réel de manière à suivre les principaux paramètres (COP, débits,



températures) pour optimiser son fonctionnement. Cependant, cette solution n'est efficace qu'à partir d'un débit de 15 litres par seconde, ce qui correspond à un nombre non-négligeable d'habitants raccordés (estimé entre 8 000 et 10 000 personnes en saison sèche, c'est-à-dire dans le cas le plus défavorable en termes d'alimentation du réseau d'assainissement).

Energy Recycling System (ERS) [3] de Biofluides Environnement se distingue de Degrés Bleus par son intégration à l'intérieur même des bâtiments, dans le prolongement de l'écoulement des eaux dites « grises » (eaux de salles de bains et cuisine dans le cas d'un bâtiment résidentiel ; condensats de vapeur d'eau, eaux de lavage dans les processus industriels, etc.) dont la température est souvent comprise entre 25 et 35°C. Les calories disponibles dans ces « eaux grises » sont récupérées par l'échangeur et vont être utilisées via la pompe à chaleur afin de réchauffer une eau entrant à 10°C. Cette température va pouvoir être portée à 45°C. Une chaudière permet ensuite de rehausser la température de cette eau en sortie à environ 55°C, température estimée appropriée pour un usage de type « eau chaude sanitaire ». En revanche, contrairement au DB, l'ERS ne pourrait pas fonctionner avec un réseau d'assainissement car il n'est pas adapté aux eaux chargées ou « eaux-vannes » (eaux fortement polluées et souvent gorgées de débris, en opposition aux eaux grises).



Principe de fonctionnement de l'ERS de Biofluides

Un potentiel intéressant

La performance d'une installation Degrés Bleus varie entre 2 à 5 kW par mètre carré d'échangeur installé, ce qui correspond à 1,8 à 6,4 kW par mètre linéaire de canalisation du réseau d'assainissement [4]. Une telle installation permet de couvrir une partie non négligeable des besoins en chaleur du bâtiment visé. Par exemple, le projet du groupe scolaire Wattignies (Paris XIIème arrondissement) inauguré le 1er avril 2011 et géré par l'association de la Lyonnaise des Eaux avec la Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain (CPCU) permet de couvrir chaque année plus de 70% des besoins en chauffage. Cette récupération de chaleur permet alors d'éviter le rejet de 76 tonnes de CO₂ [5].

Traditionnellement, le coût d'un projet DB est compris entre 1 500 et 4 000 €/kW installé en fonction de sa complexité. Dans le cas du projet de Wattignies, l'investissement final s'est élevé à 400 000 €. Bien que cette somme soit conséquente, le temps de retour sur investissement attendu est de l'ordre de dix ans grâce au soutien de l'ADEME. En effet, pour les études de faisabilité de ce type de projet, il est possible d'obtenir une subvention à hauteur de 50% et profiter de la TVA à 5,5% applicable aux réseaux de chaleur car dans ce cas, la chaleur



est considérée comme totalement produite à partir d'énergies renouvelables (pour obtenir ces avantages : il faut que l'énergie utilisée pour apporter la chaleur nécessaire soit composée au minimum de 60% d'énergie renouvelable) [6].

Compte tenu de leurs contraintes techniques (débit minimum et configuration du site) et de leur investissement considérable, les solutions Degrés Bleus semblent particulièrement adaptées pour les projets de taille relativement importante : bureaux, logements collectifs, établissements de soins (hôpitaux, résidences pour personnes âgées) ou encore les piscines. On estime que le potentiel pour une ville de 100 000 habitants est compris entre 5 et 10 projets Degrés Bleus [3].

Du côté de l'ERS, les réalisations sont pour le moment plus modestes. Ainsi, une installation a vu le jour dans un ensemble de logements du bailleur social Immobilière des Chemins de Fers (ICF). Les eaux grises de 36 logements sont récupérées et permettent la production de 246 kW/jour avec un COP de l'ordre de 4,6, ce qui représente une économie de 50% sur la facture d'eau chaude. Par ailleurs, les émissions de CO₂ évitées sont estimées à 28 t/an. La PME table sur un temps de retour sur investissement inférieur à dix ans. Elle a déjà enregistré près de 150 demandes émanant de logements collectifs, d'hôtels, de cliniques ou d'hôpitaux.

En conclusion, la récupération de chaleur sur eaux usées paraît bien placée pour contribuer à la réalisation de l'objectif de 20% de la consommation énergétique fournie par des sources renouvelables à l'horizon 2020 car elle permet de valoriser une chaleur fatale, c'est-à-dire qui aurait été perdue sans le projet, tout en sachant que son potentiel de développement est relativement important en zone urbaine. Sa principale faiblesse reste néanmoins son coût élevé, notamment par rapport aux technologies concurrentes axées sur l'utilisation des énergies renouvelables comme par exemple les réseaux de chaleur utilisant la biomasse.

Sources :

- [1] PAULO, Thomas. Développement de l'offre Énergies Nouvelles. Rapport de fin d'étude. Compiègne: UTC, 2011.
- [2] ROUX, Baptiste. Un nouveau système de récupération de la chaleur des eaux grises. CleanTech Republic]. 17 février 2010.
- [3] ROUX, Baptiste. Récupérer la chaleur des eaux usées pour chauffer les logements. CleanTech Republic. 11 décembre 2008.
- [4] ROUSSEL, Florence. Les canalisations d'eaux usées, source de chaleur et de froid. Actu-Environnement. 26 janvier 2010.
- [5] LYONNAISE DES EAUX. Communiqué de presse. 1er avril 2011.
- [6] SAUNIER & ASSOCIES. Récupération de chaleur sur eaux usées.

Pour en savoir plus :

www.cleantechrepublic.com

www.actu-environnement.com

www.saunier-associes.fr

www.lyonnaise-des-eaux.fr

www.biofluides.com



Du vert kaki au vert clair...

Clément MENANTEAU
Mastère OSE, MINES ParisTech, Promo 2011

On connaissait le 3x20, l'armée américaine sort son 2x25. Comme l'annonçait Le Figaro du 25 novembre 2011, l'US Army s'engage à porter à 25% la part d'énergie renouvelable dans sa consommation énergétique à l'horizon 2025.

Le complexe Militaro-Pétrolier

Impliquée dans des conflits principalement situés au sein de pays producteurs de pétrole, l'armée américaine se heurte fréquemment à des difficultés de ravitaillement énergétique. Le coût d'approvisionnement en carburant dans ces régions sensibles est élevé car il est souvent acheminé par avion, multipliant par dix les coûts de transport. Ce carburant étant essentiel à la mise en place de toutes les opérations sur le terrain, de nombreux problèmes et risques apparaissent. Ils prennent une telle ampleur que l'US Army a été contrainte d'opter pour des alternatives énergétiques.

Les chiffres

En Afghanistan par exemple, selon le DoD (Département de la Défense américain), environ 80% des déplacements sont des convois de pétrole. Ces derniers sont la cible très fréquente d'attaques diverses qui portent le nombre de soldats tués au cours de leur mission à 3 000. En moyenne, un soldat est tué ou grièvement blessé tous les 24 convois. Officiellement, l'US Army consomme 320 000 barils de pétrole par jour ! Soit 2 % de la consommation de pétrole des USA ou encore 1,5 fois la consommation de la Suisse. En moyenne, durant la Seconde Guerre mondiale, un soldat consommait 3,8 litres de pétrole par jour ; aujourd'hui, en Afghanistan comme en Irak, il en consomme 75. Ainsi, le pétrole représente environ 80 % de la consommation énergétique de l'armée américaine. Sa facture énergétique s'est élevée à 15 milliards d'euros en 2010 (+225 % en 15 ans). Cette même année, le Pentagone annonçait une pénurie d'approvisionnement de pétrole prévue pour 2015. Par conséquent, le DoD investit fortement dans les technologies renouvelables et l'efficacité énergétique avec une série de projets « d'utilité d'échelle » d'un montant de 7 milliards d'euros.

Les solutions

De l'observation et du bon sens suffisent parfois à analyser quelques solutions intéressantes. Par exemple, les bases militaires américaines s'étendent souvent sur des superficies considérables. Elles représentent donc un fort potentiel d'expansion de fermes solaires. On peut alors imaginer une réduction des coûts de production d'électricité par un déploiement massif de la technologie solaire. Des négociations sont en cours entre le DoD et la société Solar City afin d'équiper pas moins d'une centaine de bases américaines. L'efficacité énergétique de ces dernières sera maximisée avec l'installation prévue de Smart Grids, ou encore de flottes internes de véhicules électriques. L'US Air Force a testé avec succès des vols de reconnaissance avec des avions de chasse fonctionnant à 50 % au biocarburant issu d'algues. L'armée de terre a, elle aussi, effectué des essais concluants sur ses chars.



Les sacs à dos des G.I. sont équipés de panneaux solaires souples leur permettant de recharger les équipements plus sensibles. Des toiles de tentes de l'armée entièrement recouvertes de cette technologie peuvent fournir jusqu'à 3 000 watts de puissance instantanée. Ces toiles de tentes sont décrites comme légères, pliables, facilement transportables et stratégiquement intéressantes dans des zones où on ne peut pas faire fonctionner des groupes électrogènes bruyants. Enfin, des technologies utilisant la chaleur corporelle ou l'énergie créée par les pas d'un marcheur utilisant des semelles génératrices pour alimenter les lunettes à vision nocturne sont déjà à l'étude.



Fig. 1. Tente et installations militaires solaires

On se doute bien que le Pentagone n'investit pas dans ces différentes technologies avec pour objectif premier la diminution de ses émissions de gaz à effet de serre. Comme l'affirme le secrétaire de la Marine Ray Mabus, « Il ne s'agit pas d'un effet de mode, mais d'une nécessité absolue ». Comme le passé nous l'a de nombreuses fois montré, dans le domaine nucléaire par exemple, le développement des technologies militaires dynamise indéniablement les technologies civiles et les entreprises privées. C'est peut-être ce qu'il manque aux technologies renouvelables, notamment sur les problématiques des batteries des véhicules électriques. Du fait de leurs besoins stratégiques en nouvelles technologies et des budgets alloués, les départements militaires sont dans une position favorable pour stimuler les mutations énergétiques. Ainsi, la politique entreprise par le Pentagone pourrait être un véritable moteur dans le domaine des technologies renouvelables et avoir un effet considérable sur leur développement.

Espérons alors que ces avancées militaires dans le domaine des énergies vertes pourront régler de manière pacifique les conflits liés aux énergies fossiles...

Sources :

[1] Le Figaro 25/11/2011 « L'US Army se convertit aux énergies renouvelables ».

[2] <http://2000watts.ch>

« L'Armée Américaine se Prépare à un Virage Energétique »

<http://ressources-et-environnement.com/2011/07/us-army-le-virage-energetique/>

[3] Former Navy Gallery - New One is USNavy URL/U.S. Navy.

[4] InStep NanoPower.



La revue de Presse Energie

Brigitte HANOT

Responsable Bibliothèque, MINES ParisTech, Sophia Antipolis

Batteries semi-liquides : révolution pour le stockage d'énergie ?

« Deux chercheurs du MIT, W. Craig Carter et Yet-Ming Chiang, travaillent sur de nouvelles batteries dont les électrodes sont dispersées en minuscules particules dans un liquide conducteur. Les batteries lithium-ion actuellement utilisées dans les voitures électriques présentent un inconvénient : leur recharge prend entre 4 et 8 heures, selon la puissance électrique appelée et leur capacité. C'est l'une des raisons pour lesquelles de nombreuses équipes de chercheurs travaillent sur des batteries liquides. Mais jusque-là, les prototypes de batteries liquides présentaient des densités énergétiques bien trop faibles pour concurrencer les batteries solides. Grâce à cette approche "semi-liquide", les chercheurs affirment décupler la densité énergétique de leur batterie par rapport à la solution tout-liquide. Pour la développer, les deux chercheurs ont fondé une start-up, 24M Technologies, subventionnée depuis septembre 2010 par l'hyperactive Arpa-E, organe de financement de la recherche liée aux technologies énergétiques, rattaché au département de l'énergie américain. D'après les objectifs affichés, un prototype pré-commercial devrait voir le jour fin 2013. »

<http://www.industrie.com/it/batteries-semi-liquides-revolution-pour-le-stockage-d-energie.12563>

Une plate-forme de recherche pour les biocarburants destinés au transport maritime

« La Danish Advanced Technology Foundation a décidé de consacrer environ 15 millions d'euros à la création d'une nouvelle plate-forme officiellement nommée : «Biomass for the 21st century: Integrated biorefining technologies for shipping fuels and biobased chemicals (B21st)». Elle réunira les principaux acteurs danois dans le domaine du traitement de la biomasse à savoir : l'Université de Copenhague, DTU (Danish Technical University), A.P. Møller Maersk, Novozymes, Haldor Topsøe, Man Diesel & Turbo et enfin Dong Energy. «Ces 75 dernières années, les compagnies maritimes ont utilisé du pétrole, mais cela risque fort de changer. Les émissions de CO2 doivent être réduites et, sur le long terme, le pétrole va tout simplement s'épuiser. Les biocarburants peuvent devenir une véritable alternative au pétrole fossile, et nous avons hâte de nous impliquer dans le développement de composés taillés pour l'industrie du transport maritime.» explique Jacob Sterling, à la tête du département Climat et Environnement chez Maersk Line. La plate-forme fournira un cadre pour des programmes de recherche communs qui auront pour but de développer des procédés écologiques de production de biocarburants destinés au transport maritime : autrement dit développer de nouvelles technologies hybrides qui permettront de rendre la production de biocarburants plus efficace et plus écologiques que ce qui est actuellement possible. »

<http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/68855.htm>



Des cellules solaires organiques au rendement record : un pas de plus vers le marché

« Des chercheurs du CNRC ont créé la cellule photovoltaïque organique (PVO) en polarisation inverse la plus efficace au monde, battant un précédent record, établi il y a quelques mois à peine. Cet exploit pourrait accélérer l'adoption des dispositifs à PVO dans de nouvelles applications utilisant l'énergie solaire. »

<http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/68799.htm>

Écocampus : le développement durable fait son entrée dans l'enseignement supérieur

« Les établissements d'enseignement supérieur ont un rôle de plus en plus important à jouer en matière de développement durable. La Conférence des présidents d'université (CPU) et la Conférence des grandes écoles (CGE) ont organisé un colloque à l'Unesco, les 19 et 20 janvier 2012, sur les écocampus. Intitulé « Écocampus, formations et responsabilité sociétale - quelles stratégies de transition des établissements européens d'enseignement supérieur ? », ce colloque a illustré les avancées dans ce domaine, avec des éclairages internationaux. »

<http://www.educpros.fr/detail-article/h/2969ea6d4e/a/ecocampus-le-developpement-durable-sinstalle-dans-lenseignement-superieur.html>

Le méthanol, carburant du futur ?

« Grâce à l'énergie solaire, il serait possible de fabriquer du méthanol à partir de dioxyde de carbone qui pourrait ensuite être utilisé comme carburant pour l'automobile et l'aéronautique. Ce processus permettrait d'éviter le rejet du dioxyde de carbone dans l'atmosphère et ainsi de réduire l'impact sur le réchauffement climatique. La technologie existe déjà et une initiative de recherche nordique vient d'être lancée dont l'objectif est de rendre ce processus aussi bon marché que possible afin d'être utilisé à grande échelle. Un workshop s'est tenu les 26 et 27 janvier 2012 à Chalmers pour officiellement lancer le projet. »

<http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/68618.htm>

Quel avenir pour les énergies marines en Irlande ?

« Les avantages de l'Irlande en matière d'énergie renouvelable marine sont bien connus : le pays possède sans doute les meilleures ressources d'Europe, avec l'Ecosse, sur la côte ouest de l'île. Mais des points faibles existent qui doivent être dépassés. Alors que c'est sur cette côte ouest que l'on trouve les meilleures ressources, le réseau électrique irlandais devant permettre l'acheminement de l'électricité vers les régions les plus peuplées (à l'est) n'est pas suffisant pour permettre l'intégration de l'électricité ainsi générée au réseau national. Des simplifications de la réglementation et des incitations économiques sont par ailleurs attendues qui devraient permettre aux industriels de déposer les demandes de permis d'installer leurs dispositifs en pleine mer. »

<http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/68669.htm>

Energies marines en Irlande : interview de Kenneth Doherty, directeur de la recherche d'Aquamarine Power : <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/68670.htm>



Batteries de véhicule électrique : en route pour une seconde vie stationnaire ? - Réflexions sur le concept et cartographie du sujet aux Etats-Unis

Rapport de Pauline CAUMON, Décembre 2011, 85 pages (Téléchargement gratuit)

« Ce rapport aborde les enjeux et la faisabilité de la réutilisation des batteries Li-ion de véhicules électriques légers (hors deux-roues) pour des applications stationnaires. Le stockage énergétique stationnaire est un marché très prometteur car il permet d'apporter de la flexibilité dans le réseau électrique et une intégration sans heurt des énergies renouvelables. En bref, c'est une brique élémentaire des «smart grids» de demain. Plusieurs projets de recherche américains et quelques industriels s'intéressent à ce sujet très prospectif, qui se situe à la croisée de trois domaines ; le transport individuel, la gestion des déchets et la gestion du système électrique.

Le succès de cette idée n'est pas assuré. D'une part la multiplicité des acteurs complexifie les scénarios de réutilisation des batteries. D'autre part il semble peu probable que les acteurs concernés se coordonnent seuls si les bénéfices anticipés sont faibles. En l'occurrence, aucun modèle d'affaire évident n'est apparu lors des discussions avec les différents interlocuteurs américains rencontrés. »

http://www.bulletins-electroniques.com/rapports/smm11_034.htm

Le changement climatique, enjeu majeur pour la sécurité mondiale

« La 12ème conférence annuelle du National Council for Science and the Environment (NCSE) - un réseau de 500 organisations, universités, ONG, «think tanks» et industries, avec pour mission de faciliter l'interaction entre scientifiques et décideurs politiques - s'est tenue du 18 au 20 janvier 2012 à Washington. Intitulée «Environnement et Sécurité», cette conférence a permis de rassembler près de 1000 participants afin d'explorer différents aspects du sujet et de tenter d'en fournir une synthèse. [...] Ainsi, le changement climatique a été reconnu comme priorité dans la «Stratégie pour la Sécurité Nationale» (document-cadre définissant les priorités stratégiques des Etats-Unis) en 2010 [1], et les forces armées - notamment l'US Navy [2] et les Marines [3] - ont adopté des objectifs ambitieux pour réduire leur dépendance aux énergies fossiles, identifiée comme une vulnérabilité majeure. »

<http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/68928.htm>

Les biocarburants : état des lieux et perspectives

« Depuis près de cinq ans, les avancées concernant les nouvelles sources d'énergies renouvelables représentent la priorité de recherche pour les chercheurs et les industriels du secteur. Les biocarburants sont mis au premier plan avec la diversité des matières premières permettant leur production, ainsi que leur caractère «durable». Les Etats-Unis représentent la deuxième production mondiale de biocarburants après le Brésil. Tous deux sont les principaux producteurs mondiaux d'éthanol, avec près de 50 milliards de litres produits en 2010 par les Etats-Unis.

- Le programme Renewable Fuel Standard (RFS)
- Les investissements dans les projets de recherche



- Les actions, études et investissements récents

Malgré toutes ces aides, il n'est pas certain que les biocarburants deviennent économiquement viables et ce même pour le secteur de l'aviation qui devrait représenter 20% du marché des biocarburants à l'horizon 2020. Des efforts restent à fournir en termes d'optimisation du coût de production, du rendement et du prix de vente.

Selon l'institut Pike Research, le marché mondial des carburants devrait représenter 1 400 milliards de litres par an d'ici 2021. La demande en diesel pour les transports terrestres serait de 1 600 milliards de litres par an, et celle pour l'aviation et la marine de 750 milliards de litres par an. En estimant la production de biocarburant à 158 milliards de litre en 2022, cela ne représentera que 4% du marché totale des carburants utilisés pour les transports.

Les objectifs, les capacités et les moyens de production des biocarburants seront des éléments clés pour les prochaines années aux Etats-Unis s'ils veulent devenir indépendant énergétique et les tendances montrent qu'ils vont devoir continuer à importer ! «

<http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/68934.htm>

Le défi de l'éolien offshore : le rattachement au réseau

« Le Gouvernement fédéral vient de mettre en place un groupe de travail intitulé «accélération de la construction des réseaux offshore», qui s'est réuni pour la première fois le lundi 16 janvier 2012. Coordonné par le syndicat «éolien offshore» [1], son rôle est de lever les difficultés allongeant les délais d'autorisation de construction des turbines et des réseaux. Réunis autour d'une même table par le Ministre de l'économie Philipp Rösler, les constructeurs, les exploitants, les gestionnaires de réseaux, l'Office fédéral pour la navigation et l'hydrographie (BSH), les assureurs, l'agence fédérale des réseaux (BNA) ainsi que les Länder côtiers sont désormais chargés de trouver des solutions rapides et satisfaisantes...»

<http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/68825.htm>



Chaire Modélisation prospective au service du développement durable

Les Petits Cahiers

Contact

Nadia MAÏZI

Directrice du Centre de Mathématiques Appliquées (CMA)

MINES ParisTech / CMA
Rue Claude Daunesse
BP 207
06904 Sophia Antipolis

Tel: +33(0)4 97 15 70 79 / Fax: +33(0)4 97 15 70 66
Courriel: nadia.maizi@mines-paristech.fr

Jean-Charles HOURCADE

**Directeur du Centre International de Recherche sur l'Environnement
et le Développement (CIRED)**

CIRED
Campus du Jardin Tropical
45 avenue de la Belle Gabrielle
94736 Nogent sur Marne Cedex

Tel: +33(0)1 43 94 73 63 / Fax: +33(0)1 43 94 73 70
Courriel: hourcade@centre-cired.fr

Site Web: <http://www.modelisation-prospective.org>

Contact de la Chaire: contact@mail.modelisation-prospective.org