

# Journée Entreprise

## Climat, j'en fais mon métier

### Panorama de presse du 24/11/2015

#### I. Climat - un bref état des lieux

- Climat, le compte n'y est pas - *Alternatives Economiques, les chiffres de l'économie 2016*, oct. 2015
- Les 5 clés de la transition énergétique - *Alternatives Economiques*, juillet-août 2015
- Pour un changement d'échelle des financements privés du climat - *Secteur privé & développement*, oct. 2015
- <http://www.proparco.fr/>
- COP21: le nucléaire est-il climato-compatible? - *L'Usine Nouvelle*, 18/11/2015
- Encourager la recherche sur les énergies renouvelables - *Ademe le mag*, sept. 2015
- Ineris: modelling air quality - *Pan European Networks gouvernement*, mai 2014
- À consulter sur le web: Dossier "Climat: l'espace relève le défi" - *Cnes mag*, juin 2015  
[https://cnes.fr/sites/default/files/drupal/201508/default/is\\_cnesmag65-interactif-fr.pdf](https://cnes.fr/sites/default/files/drupal/201508/default/is_cnesmag65-interactif-fr.pdf)

#### II. Marché de l'emploi climat

- [Observatoire de l'éolien 2015](#) - publié par France Énergie Éolienne en association avec Bearing Point, Nov.2015 : Analyse du marché, des emplois et du futur de l'éolien en France
- [60 succès de la recherche pour une planète durable](#) - *Cirad/AllEnvi*, Nov. 2015
- À l'occasion de la COP21, les 28 organismes membres de l'Alliance nationale de recherche pour l'environnement publient un recueil de 60 *success-stories* scientifiques sur l'évolution du climat, les conséquences de son dérèglement et des solutions d'atténuation et d'adaptation.
- Urbanisme -Quand les entreprises jouent à SimCity - *Les Echos*, 19/10/2015

#### III. Métiers liés à la thématique climat (voir 2<sup>e</sup> pdf)

Biblio proposée par [Isabelle Grova](#), documentaliste DFC  
à retrouver sur: [http://www.ifd.upmc.fr/fr/devenir/journee\\_entreprises.html](http://www.ifd.upmc.fr/fr/devenir/journee_entreprises.html)

**EFFET DE SERRE** Pour limiter le réchauffement à 2 °C, inverser la courbe des émissions est urgent. La COP21 marquera-t-elle un tournant de l'action climatique mondiale ?

# Climat : le compte n'y est pas

La COP21 [1] se tient en décembre 2015 à Paris. Dans les mois précédant cette conférence, la plupart des Etats ont fait connaître leurs intentions en matière de réduction ou de limitation de leurs émissions de gaz à effet de serre. Ce processus traduit une réorientation majeure des discussions internationales sur le climat : le passage d'une logique de répartition négociée et juridiquement contraignante des efforts à mener par chaque Etat pour limiter le réchauffement global à 2 degrés à une logique d'engagements volontaires.

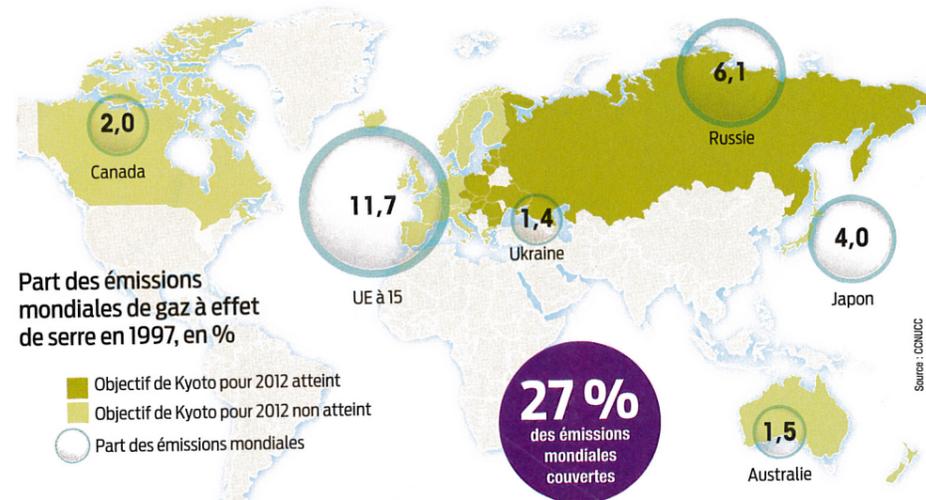
La première logique, qui avait conduit à l'adoption du protocole de Kyoto, n'a jamais vraiment fonctionné, en particulier faute d'engagement des principaux pays émetteurs, les Etats-Unis et la Chine. En revanche, la seconde approche pourrait permettre d'aboutir à un accord universel. Mais cet accord ne sera historique que si la somme des engagements nationaux permet de mettre le monde sur la voie d'une limitation du réchauffement à 2 degrés, autrement dit si la planète commence à infléchir ses émissions dès 2020 et les divise par deux d'ici à 2050. Les Etats-Unis se sont engagés sur une réduction de 26 % à 28 % de leurs émissions en 2025 par rapport à 2005, les Chinois à baisser les leurs à partir de 2030 et l'Union européenne à réduire les siennes de 40 % en 2030 par rapport à 1990. Or, ces engagements et ceux qui avaient déjà été posés à cent jours de la conférence de Paris représentaient à peine le tiers de l'effort à accomplir. Après la COP21, il sera non seulement crucial de veiller au respect des promesses, mais également d'en renforcer l'ambition. ||

ÉRIC VIDALENC

[1] 21<sup>e</sup> conférence des parties signataires de la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, signée à Rio en 1992.

## De Kyoto 1997...

Pays ayant signé le protocole de Kyoto et part dans les émissions mondiales en 1997, en %



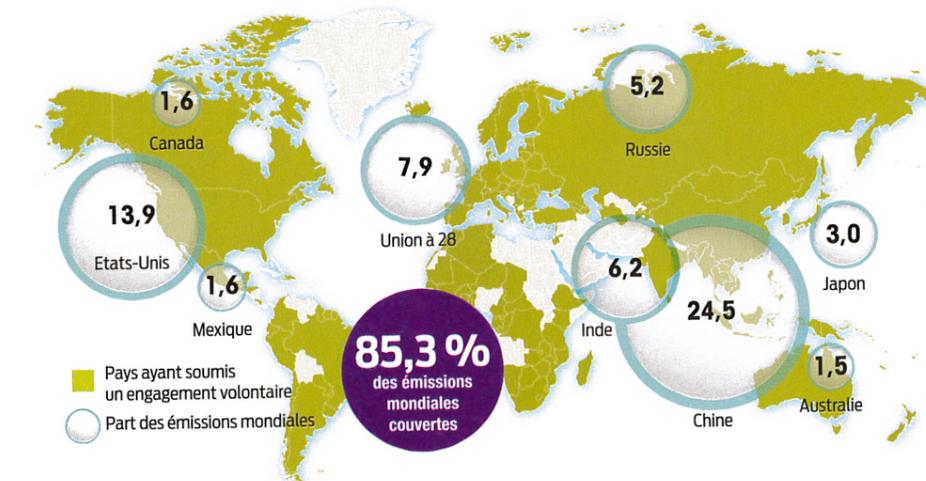
Part des émissions mondiales de gaz à effet de serre en 1997, en %

- Objectif de Kyoto pour 2012 atteint
- Objectif de Kyoto pour 2012 non atteint
- Part des émissions mondiales

Adopté à l'unanimité en 1997, le protocole de Kyoto est entré en vigueur en 2005. Les pays riches signataires s'engagent sur un objectif global moyen de réduction des émissions de 5 % par rapport à 1990 à l'horizon 2008-2012. Mais entre les Etats-Unis (dont le Congrès n'a jamais voulu ratifier ce texte) et les pays qui ne l'ont pas reconduit en 2013 (Japon, Russie, Canada...), ses résultats sont plus que limités. ||

## ... à Paris 2015

Pays ayant soumis un engagement volontaire sur leurs émissions de gaz à effet de serre (au 1<sup>er</sup> octobre 2015) et part dans les émissions mondiales de gaz à effet de serre en 2012, en %



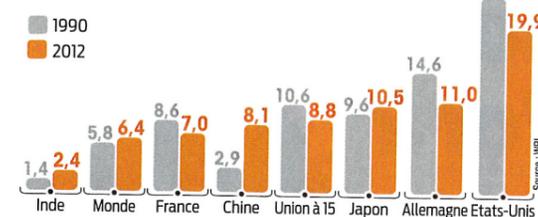
Au 1<sup>er</sup> octobre 2015, 147 pays avaient notifié leur engagement sur leurs émissions. Il est difficile de mesurer ce que représentent globalement ces promesses, chaque pays étant libre de définir la nature de l'effort envisagé (réduction absolue ou par rapport à la tendance actuelle). Mais selon les estimations, la somme des engagements n'atteignait, début octobre, que le tiers de ce qui serait nécessaire pour rester dans la limite des 2 °C. ||

Hors-série n° 106

## Changement de donne

La Chine et l'Inde ont respectivement multiplié leurs émissions par habitant par trois et par deux en un peu plus de vingt ans. La Chine se retrouve ainsi au niveau de la moyenne de l'Union européenne. Impossible dans un tel contexte de les laisser en dehors de l'accord de Paris. ||

Emissions de gaz à effet de serre par habitant, en tonnes

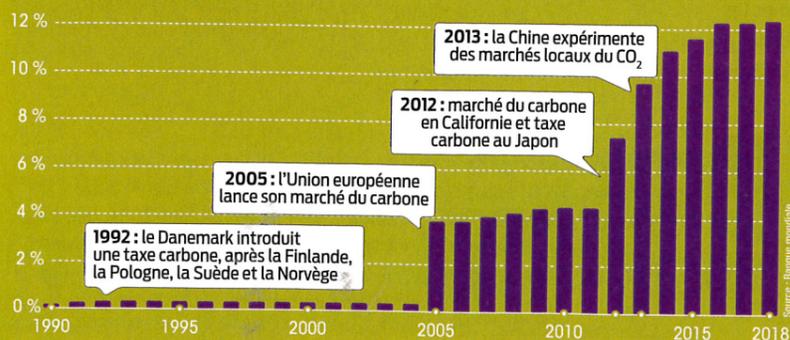


Les engagements déjà pris dans le cadre de l'Accord de Paris 2015 sont encore loin du compte.

## La tarification du CO<sub>2</sub> progresse dans le monde

Taxe ou permis d'émission négociables, l'Union européenne et une quinzaine d'Etats utilisent un système de tarification du CO<sub>2</sub> à l'échelle locale ou nationale en 2015. Une politique incontournable pour réduire significativement les émissions. Présents aux Etats-Unis, en Chine, en Corée du Sud, au Mexique, en Afrique du Sud, au Kazakhstan et au Chili, ces systèmes couvrent actuellement 12 % des émissions mondiales. Mais les prix du CO<sub>2</sub> sont encore trop faibles, sauf rares exceptions comme la Suède, pour jouer un rôle incitatif. ||

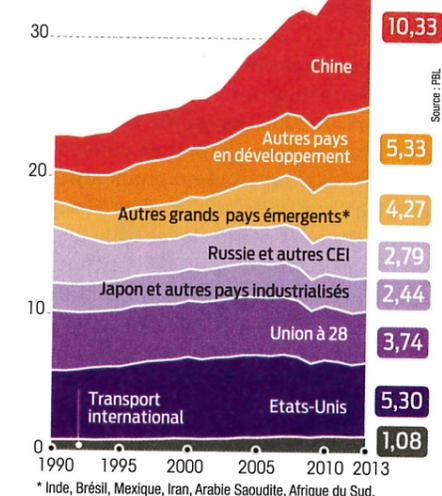
Part des émissions mondiales couvertes par l'ensemble des dispositifs nationaux et régionaux de tarification du carbone, en %



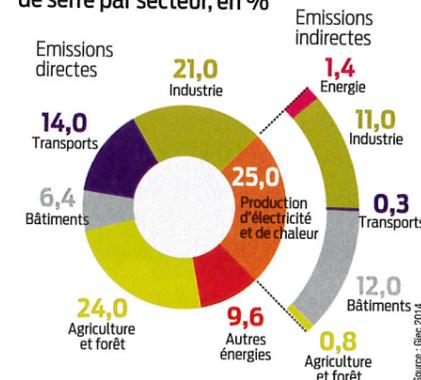
## Les émissions explosent

Malgré une connaissance scientifique qui s'améliore et un processus de négociation plus inclusif, les émissions globales n'ont jamais été aussi importantes qu'aujourd'hui. A l'échelle planétaire, la crise de 2008 n'est guère perceptible. Signe nouveau et d'optimisme : en 2014, pour la première fois, les émissions mondiales ont stagné. ||

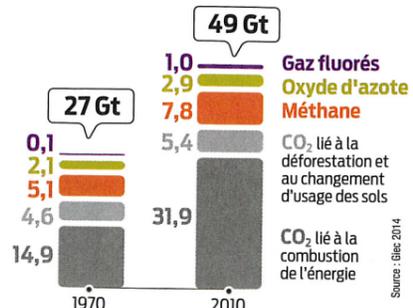
Emissions de CO<sub>2</sub> dues à la combustion de l'énergie par région, en gigatonnes



Répartition des émissions de gaz à effet de serre par secteur, en %



Contribution des différents types de gaz aux émissions totales, en gigatonnes éq. CO<sub>2</sub>



ALTERNATIVES ÉCONOMIQUES



Réussir la transition énergétique ne coûtera que 4 000 milliards de plus que les 89 000 milliards qui doivent de toute façon être investis dans le domaine énergétique d'ici à 2030.

Andreas Weber - iStock

# Les cinq clés de la transition énergétique

**FINANCEMENT** La vraie difficulté de la transition énergétique consiste surtout à réorienter les investissements dirigés vers les énergies fossiles. Mode d'emploi.

La transition énergétique, combien ça coûte ? Cher, certes, mais pas beaucoup plus que les investissements très importants qui doivent de toute façon être réalisés dans le secteur énergétique au cours des prochaines années, tant au Sud pour répondre à une demande en croissance rapide qu'au Nord pour renouveler les équipements vieillissants. Le rapport « The New Climate Economy » (voir « En savoir

plus ») estime en effet les besoins d'investissement dans le domaine énergétique à 89 000 milliards de dollars d'ici à 2030, en prolongeant la tendance actuelle qui aboutit à une hausse des températures de l'ordre de 4 °C à la fin du siècle. Dans le cas d'un scénario compatible avec une hausse des températures de 2 °C (l'objectif sur lequel s'est accordé la communauté internationale), les besoins seraient de 93 000 milliards. A l'échelle mon-

diale, il ne s'agit donc finalement que de trouver 4 000 milliards supplémentaires d'ici à 2030, soit environ 250 milliards par an, 0,3 % du produit intérieur brut (PIB) mondial. La faiblesse de ce surcoût s'explique aisément. Développer les énergies renouvelables nécessite des investissements initiaux souvent plus importants que pour les énergies fossiles, mais les dépenses opérationnelles sont ensuite généralement plus faibles : les « matières premières » utilisées (le vent, les courants ou le soleil) sont en effet gratuites. De même, des investissements accrus dans l'efficacité énergétique nécessitent des financements, mais ils font aussi décroître les besoins pour la production d'énergie. Ainsi, la transition

exige moins de trouver des capitaux supplémentaires que rediriger les investissements qui seront réalisés de toutes manières du « noir » (les énergies fossiles) vers le « vert ».

### 1 Etablir l'indispensable signal-prix

Pour rendre attractif l'investissement vert, les pouvoirs publics doivent tout d'abord faire émerger un signal-prix, via des instruments adaptés à chaque secteur et déjà bien rodés. Ce signal-prix peut être explicite : systèmes de quotas d'émissions\*, taxe carbone\* ou encore dépenses fiscales\* appropriées. Mais il peut aussi être implicite : c'est tout le champ des normes et des réglementations, qui ont notamment montré leur efficacité dans le secteur du bâtiment et du transport.

Dans un cas comme dans l'autre, le renforcement de ces outils se heurte à de fortes résistances de la part des acteurs économiques et politiques. En témoignent, entre autres exemples, l'atonie du marché européen du CO<sub>2</sub>, la résistance des constructeurs automobiles européens au durcissement des normes sur les émissions des véhicules ou, en France, le fiasco de l'écotaxe poids lourds et la modicité de la taxe carbone. Résultat : les signaux-prix sont actuellement trop faibles et trop instables pour engager des décisions d'investissement qui s'inscrivent nécessairement dans la durée.

### 2 Supprimer les subventions aux énergies fossiles

L'OCDE, la Banque mondiale et le Fonds monétaire international (FMI) le répètent : il est urgent que les Etats réforment les dispositifs de

soutien qui continuent de favoriser les énergies sales au détriment de systèmes bas carbone. Les subventions publiques à la production et à la consommation de carburant et autres combustibles fossiles représentent, au niveau mondial, 500 milliards de dollars par an, distribués à 95 % par les pays du Sud (voir l'exemple algérien page 75). En face, les subventions aux énergies renouvelables ne représentent qu'un cinquième de cette somme. Eliminer les subventions aux énergies fossiles peut sembler a priori irréaliste, car elles sont souvent justifiées par des raisons sociales : les habitants des pays du Sud auraient souvent du mal à acquérir de l'essence ou du gaz aux prix de marché. Ces mêmes montants pourraient toutefois être redistribués autrement.

Plus globalement, l'alignement des politiques économiques et des cadres réglementaires nationaux sur des objectifs climatiques à long terme est nécessaire. Ce n'est qu'à cette condition qu'il sera possible d'attirer le financement des secteurs public et, surtout, privé vers la transition énergétique. Les montants globaux en jeu sont en effet clairement inaccessibles aux seules ressources publiques. Il importe donc que ces ressources soient employées de manière à maximiser l'effet d'entraînement sur le secteur privé. Les Etats doivent ainsi inter-

#### DÉFINITION

### Qu'est-ce qu'un investissement « vert » ?

Définir ce qu'est un investissement « vert » est indispensable pour réorienter les flux de capitaux vers une économie bas carbone. Ce n'est cependant pas une question triviale : beaucoup dépend du contexte et des objectifs. Ainsi, on pourrait considérer que les centrales électriques au gaz sont, à titre transitoire, bonnes pour le climat dans la mesure où elles permettent de réduire l'usage du charbon et de compenser la variabilité des énergies renouvelables en attendant le développement des moyens de stockage de l'électricité verte. Néanmoins, un système énergétique qui, pour éliminer le charbon, reposerait massivement sur le gaz serait incompatible avec l'objectif des 2 °C, car la baisse des émissions de CO<sub>2</sub> ne serait pas suffisante. La durée de fonctionnement d'une centrale à gaz étant d'un demi-siècle, de tels investissements, s'ils sont généralisés, risqueraient donc d'empêcher de tenir cet objectif. Ce qui est « vert » ou non dépend donc des objectifs qu'on se fixe.

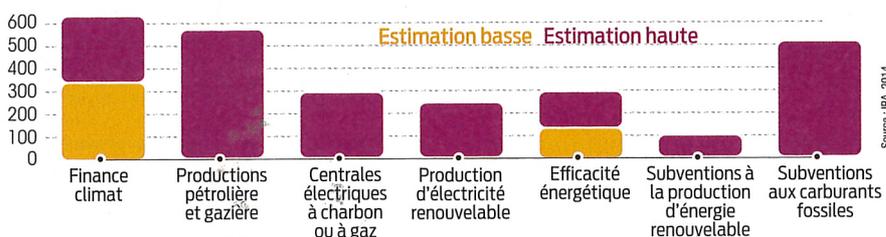
venir en priorité dans la recherche et développement, le soutien à des filières non encore matures, l'octroi de prêts avantageux, etc.

### 3 Mobiliser les institutions publiques de financement

Pour ce faire, les autorités peuvent s'appuyer notamment sur la force de frappe des institutions financières publiques. En France, la Caisse des dépôts vient par exemple d'annoncer la mise à disposition d'une enveloppe de 15 milliards d'euros pour la transition énergétique. En Allemagne, les prêts bonifiés de la KfW ont joué un rôle clé dans l'essor spectaculaire des énergies renouvelables dans ce pays. Au niveau européen, en revanche, le plan Juncker (315 milliards d'euros

#### LES POLITIQUES PUBLIQUES FAVORISENT LES RESSOURCES FOSSILES

Flux d'investissements et subventions annuelles estimés au niveau mondial, en milliards de dollars



> **Système de quotas d'émission** : plafonnement des émissions via l'allocation aux acteurs économiques de permis d'émission échangeables sur un marché.

> **Taxe carbone** : taxe ajoutée au prix de vente de produits ou de services en fonction de la quantité de gaz à effet de serre, comme le CO<sub>2</sub>, émis lors de leur utilisation.

> **Dépenses fiscales** : mécanismes permettant d'offrir des avantages fiscaux aux particuliers et aux entreprises afin d'atteindre certains objectifs sur le plan environnemental, par exemple.

► d'investissements sur les années 2015-2017 censés écartier le risque de déflation) n'est pas structuré autour de ces enjeux et les projets fortement émetteurs de CO<sub>2</sub> n'en sont pas exclus. Il n'est toutefois pas trop tard pour réviser ce cadre.

## 4 Verdir la finance

Au-delà de ces politiques publiques traditionnelles, il est également fondamental de s'attaquer à un sujet majeur en matière de financement de la transition énergétique : les banques. Tant pour des raisons réglementaires que d'opportunités, elles accordent de moins en moins de financements de long terme, lesquels reposent donc de façon croissante sur les marchés de capitaux. Dans un contexte économique globalement atone, le flux annuel d'investissement dans les infrastructures énergétiques, quelles qu'elles soient, est aujourd'hui insuffisant. Ce qui constitue une menace pour le futur, indépendamment même de la question du réchauffement climatique. Il faut donc à la fois redonner une impulsion aux investissements énergétiques et, simultanément, faire en sorte de les verdir.

A cette fin, deux grands leviers, largement ignorés jusqu'à présent dans le débat climatique, devraient être mobilisés. Le premier est la réglementation financière. Depuis la crise des *subprime*, les discussions sur l'encadrement du secteur bancaire portent essentiellement sur la question des règles prudentielles. Elles visent principalement à limiter les excès que peut entraîner le pouvoir de création monétaire des banques. Il serait aujourd'hui nécessaire de faire évoluer rapidement cette réglementation de manière à y intégrer les enjeux de la transition énergétique et écologique. En effet, la réglementation financière consti-

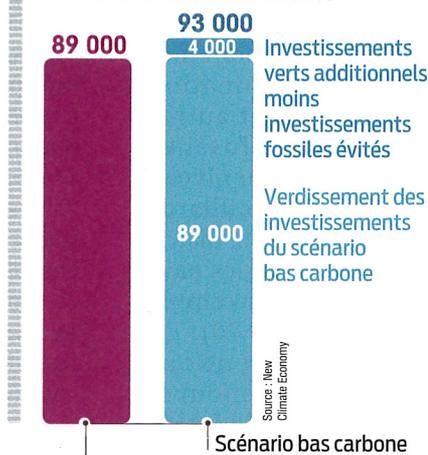


> **Conseil de stabilité financière** : créé lors de la réunion du G20 de Londres en 2009 pour faire face à la crise, il réunit les autorités en charge de la supervision du secteur financier au niveau national (banques centrales et ministères des Finances) et international.

> **Quantitative easing** : injection de capitaux dans l'économie via le rachat par la banque centrale de titres de dette détenus par les acteurs financiers

## LA TRANSITION BAS CARBONE REQUIERT TRÈS PEU DE CAPITAUX SUPPLÉMENTAIRES

Estimation des besoins de financement de 2015 à 2030 pour la transition énergétique au niveau mondial, en milliards de dollars de 2010



Scénario « au fil de l'eau » (tendance actuelle)

tue un outil très puissant pour cela, susceptible de rediriger les flux à l'échelle requise.

Il est par ailleurs parfaitement légitime que cette réglementation contribue à limiter les risques sociaux mais aussi économiques et financiers que présenterait pour la collectivité l'absence de transformation de notre économie face au changement climatique. Une modification des normes comptables internationales IAS/IFRS permettrait de prendre en compte, dans la valeur des actifs détenus par les entreprises, leur empreinte carbone. De même, les réglementations prudentielles bancaires et assurantielles internationales, telles que celles fixées dans l'accord de Bâle 3, pourraient inciter à prioriser les investissements de long terme dans l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables. Cet immense chantier reste encore devant nous mais le 26 avril dernier, les ministres des Finances du G20 ont demandé au Conseil de stabilité financière\* de se pencher sur la question du climat. Une première initiative qui va dans le bon sens.

Sur le plan des marchés financiers, les choses sont déjà en train d'évoluer. Jusqu'à récemment, les énergies fossiles étaient les « chouchous » de la Bourse. Or, le cabinet Mercer [1] a annoncé que le rendement annuel moyen des actifs dans le secteur du charbon « pourrait baisser de 18 % à

74 % sur les trente-cinq prochaines années », tandis que celui des énergies renouvelables « pourrait voir son rendement annuel moyen augmenter de 6 % à 54 % à l'horizon 2050 ». L'effondrement de la capitalisation boursière d'une entreprise comme Peabody Energy, leader mondial du charbon, montre que le risque financier est sans doute en train de changer de camp.

## 5 Mettre les banques centrales à contribution

A côté de la réglementation financière, l'autre grand levier à actionner concerne les politiques monétaires menées par les banques centrales. Il faudrait que l'assouplissement monétaire, comme le *quantitative easing*\* mené aujourd'hui au niveau européen par la Banque centrale européenne (BCE), soit conçu de manière à favoriser en particulier le financement de projets bas carbone. Verdir les politiques monétaires pourrait par exemple consister à donner la priorité au rachat par la BCE d'actifs verts détenus par les banques. Une telle politique nécessiterait néanmoins d'avoir suffisamment avancé sur les points évoqués précédemment, au niveau de l'intégration des risques financiers associés au changement climatique, dans les normes comptables et prudentielles, pour pouvoir, d'une part, définir et mesurer ce qui est ou non « bas carbone » et, d'autre part, structurer le financement des actifs verts pour que le risque de perte en capital soit maîtrisé aux yeux des banquiers centraux.

■ Alain Grandjean (Carbone 4), Benoît Leguet et Ian Cochran (CDC Climat Recherche)

[1] Voir [www.mercer.com.au/insights/focus/invest-in-climate-change.html](http://www.mercer.com.au/insights/focus/invest-in-climate-change.html)

en savoir plus <

> « **Biennial Assessment and Overview of Climate Finance Flows** », Convention cadre des Nations unies sur le changement climatique, 2014, [http://unfccc.int/cooperation\\_and\\_support/financial\\_mechanism/standing\\_committee/items/8034.php](http://unfccc.int/cooperation_and_support/financial_mechanism/standing_committee/items/8034.php)

> « **The New Climate Economy** », The Global Commission on the Economy and Climate, 2014, <http://newclimateeconomy.report/misc/downloads>

> « **Financement de la transition bas carbone : un besoin de cohérence entre réglementations et ambition** », CDC Climat Recherche, 2015, [www.cdclimat.com/Publication-de-ClimasCOPE-2-sur-la.html](http://www.cdclimat.com/Publication-de-ClimasCOPE-2-sur-la.html)

> « **Les politiques Sumo : des politiques monétaires intelligentes pour stimuler les investissements verts** », CDC Climat Recherche, 2014, [www.cdclimat.com/Etude-Climat-no46-Smart.html](http://www.cdclimat.com/Etude-Climat-no46-Smart.html)

Pour un financement massif des modèles de développement zéro carbone et résilients au changement climatique

**Caroline Edant**

AFD

2

Les obligations vertes, un marché prometteur pour le financement du climat

**Tanguy Claquin**

Crédit Agricole CIB

6

Vers la reconnaissance du risque carbone et de la performance climatique dans le secteur financier

**Fabien Hassan, Hugues Chenet et Pierre Chastroux**

2° Investing Initiative

9

La mutualisation d'actifs, un mécanisme innovant pour financer les énergies renouvelables en Inde

**Inderpreet S. Wadhwa**

Azure Power

13

Le marché, moteur de la transition énergétique au Chili

**Carlos Eugenio Finat Díaz**

ACERA

16

Encourager la participation du secteur bancaire dans le financement du climat : l'exemple du Kenya

**Betty Maina**

KAM

20

L'adaptation au changement climatique, une opportunité pour le secteur privé

**Craig Davies et Franka Klingel**

BERD

23

Chiffres clés

Le climat en chiffres

25

## Pour un changement d'échelle des financements privés du climat

*La transition vers un monde sobre en carbone nécessite des investissements conséquents. Son financement ne pourra se faire sans une implication accrue du secteur privé. Un changement d'échelle est indispensable. Comment l'accompagner ?*

EDITORIAL PAR LAURENCE TUBIANA

PRÉSIDENTE DU CONSEIL D'ADMINISTRATION DE L'AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT  
AMBASSADRICE CHARGÉE DES NÉGOCIATIONS SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Alors que l'on espère un accord ambitieux sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) à la conférence de Paris, la question du financement de la transition vers un monde sobre en carbone est plus que jamais d'actualité. Les investissements nécessaires à cette transition sont en effet colossaux : près de 1 000 milliards de dollars par an à partir de 2035. Il sera non seulement indispensable de mobiliser les fonds publics mais aussi de rediriger un flux important de capitaux privés vers des projets durables. Grâce à un certain nombre d'avancées fiscales, réglementaires, techniques et économiques, les investissements privés dans des projets sobres en carbone ne sont pas négligeables – en particulier dans le secteur des énergies renouvelables. Le renouvelable est de plus en plus compétitif alors que les énergies conventionnelles commencent à être pénalisées pour leurs impacts environnementaux.

Selon les secteurs, les investisseurs auront besoin d'approches et d'outils différents pour maîtriser les risques spécifiques et rendre leurs investissements « climat » attractifs, que ce soit économiquement ou financièrement. Ces instruments sont, pour certains d'entre eux, déjà disponibles ; d'autres restent à concevoir. Les institutions financières de développement ont joué un rôle central dans leur développement. Aujourd'hui, tout l'enjeu est de changer d'échelle, de façon à ce que les flux d'investissements privés soient à la hauteur des besoins.

Ce vingt-deuxième numéro de la revue *Secteur Privé & Développement* questionne le rôle du secteur privé dans le financement de la transition énergétique et explore les pistes de son indispensable développement. Il met en regard les enjeux de la conférence de Paris sur le climat et l'implication du secteur privé, dresse un bilan des outils développés dans le cadre du protocole de Kyoto et explore des pistes qui pourraient mener à un changement d'échelle.

# L'adaptation au changement climatique, une opportunité pour le secteur privé

*Les effets du réchauffement se font déjà sentir, et les pays en développement y sont particulièrement vulnérables. A travers leur offre dédiée de solutions financières et techniques, les banques multilatérales de développement jouent un rôle clé dans le soutien à la résilience climatique. Leur expérience montre que le secteur privé peut lui aussi contribuer au financement de l'adaptation climatique.*

**Craig Davies et Franka Klingel**

Responsable senior Adaptation au changement climatique  
Responsable Gestion des connaissances et stratégies  
Unité Changement climatique et efficacité énergétique, BERD

La stabilisation du climat est le principal enjeu de notre siècle. Pour la 38<sup>e</sup> année consécutive, la température mondiale est au-dessus de la moyenne, et 2014 a été l'année la plus chaude depuis que l'on a commencé à recueillir des données, en 1880. Les conséquences du réchauffement sont déjà bien réelles : fréquence accrue des phénomènes météorologiques extrêmes aux effets néfastes sur l'agriculture et les vies humaines, élévation du niveau des mers et des océans menaçant populations et infrastructures des zones côtières, etc. Les pays en développement

y sont particulièrement vulnérables, avec le risque de voir se creuser davantage encore le fossé Nord-Sud. Les 4,4 milliards de dollars consacrés chaque année à améliorer leur résilience au changement climatique (Buchner *et alii.*, 2011) ne suffiront pas à répondre aux besoins d'adaptation – qui sont estimés aujourd'hui par la Banque mondiale entre 70 et 100 milliards de dollars.

S'adapter au changement climatique implique d'anticiper ses effets pour pouvoir prendre en amont les mesures permettant de prévenir ou de minimiser les dommages. Cela laisse à penser que cette mission relève de l'intérêt général et qu'elle incombe aux pouvoirs publics chargés de prendre en charge, par exemple, l'offre de services météorologiques, la mise en œuvre de politiques de gestion des risques et de prévention des catastrophes (Stenek *et alii.*, 2013). Mais le secteur privé étant lui aussi exposé aux effets du réchauffement, il s'empare du sujet et commence à développer des stratégies appropriées. D'un point de vue commercial en effet, l'adaptation au changement climatique consiste non seulement à parer aux éventuelles menaces, mais aussi de savoir saisir les nouvelles opportunités.

*« Le secteur privé a, dans une large mesure, pris conscience des risques matériels engendrés par le changement climatique. »*



CRAIG DAVIES ET FRANKA KLINGEL

Craig Davies est responsable de l'intégration de la question de la résilience climatique aux investissements de la BERD dans des secteurs tels que les infrastructures, l'industrie manufacturière ou les services financiers. Il est impliqué dans les dispositifs internationaux de finance climat tels que les Fonds d'investissement pour le climat, le Fonds pour l'environnement mondial ou le Fonds vert pour le climat. Craig Davis est docteur en sciences de l'environnement (Imperial College London).

Franka Klingel est responsable de la diffusion des résultats et des stratégies prioritaires relatives au changement climatique et aux ressources durables. Elle travaille sur le partage et la diffusion des connaissances et collabore étroitement avec les dispositifs mondiaux de finance climat tels que les Fonds d'investissement pour le climat. Franka Klingel est docteur en finance et gestion (School of Oriental and African Studies, Université de Londres).

## UNE IMPLICATION CROISSANTE DU SECTEUR PRIVÉ

Le secteur privé a, dans une large mesure, pris conscience des risques matériels engendrés par le changement climatique : par exemple, des interruptions d'activité dues à des phénomènes météorologiques extrêmes, des dommages aux infrastructures et aux réseaux routiers, une variabilité de la qualité et de la disponibilité des ressources en eau. Ces risques sont particulièrement importants dans l'agriculture et dans les industries manufacturières, de même que ceux liés à la chaîne d'approvisionnement ou aux matières premières. Au-delà, le secteur privé peut également être soumis à des risques financiers et ►►

Pour un changement  
d'échelle des  
financements  
privés du climat

### ENCADRÉ 1 : LE SECTEUR PRIVÉ FACE À LA PÉNURIE EN EAU

Au Maroc, la rareté des ressources en eau est une préoccupation croissante. Les épisodes de sécheresse ont été multipliés par quatre en un siècle, et les précipitations annuelles devraient continuer de décroître. Avec le soutien de la BERD, un producteur de jus de fruits vient d'investir dans un système de recyclage lui permettant de réduire sa consommation en eau, et donc sa vulnérabilité au risque de pénurie. En Jordanie, les modèles climatiques

prévoient une augmentation de la température de plus de 3,5°C et la multiplication des vagues de chaleur. Les besoins en climatisation du pays créent déjà des tensions majeures sur les ressources énergétiques. Un promoteur jordanien spécialisé dans la conception de systèmes de chauffage et de climatisation a pu miser, avec le soutien de la BERD, sur une technologie innovante permettant d'améliorer

l'efficacité du système de refroidissement et de réduire la consommation en eau. Au centre et au sud du Kazakhstan, l'industrie extractive exerce une pression croissante sur les ressources en eau. Aidée par la BERD, une entreprise kazakhe du secteur des ressources naturelles a pu investir dans un dispositif de retraitement lui permettant de couvrir aujourd'hui la quasi-totalité de ses besoins en eau grâce au recyclage d'eaux usées.

►►► règlementaires. Ces dernières années, la Banque européenne pour la reconstruction et le développement (BERD) a vu se renforcer l'intérêt pour des projets visant à renforcer la résilience au changement climatique – notamment de la part du secteur privé. Pour les seules années 2013 et 2014, elle a mobilisé un montant total de 162 millions de dollars pour financer l'adaptation au changement climatique de 18 projets privés. Selon une étude commandée par la BERD pour le compte des Banques multilatérales de développement (BMD)<sup>1</sup>, le montant des fonds dédiés au financement de l'adaptation en 2013 et 2014 s'élevait à 270 millions de dollars, ce qui a permis de renforcer la résilience climatique des investissements de ces institutions à hauteur de 1,5 milliard de dollars au total (Vivid Economics, 2015). La valeur totale des projets avec une composante « adaptation » a atteint quant à elle 5,5 milliards de dollars, ce qui signifie que plus de 4,1 milliards de dollars de financements supplémentaires ont été mobilisés auprès de sources privées (Figure) – une bonne illustration du rôle déterminant que le secteur privé est susceptible de jouer dans le financement de l'adaptation. Environ 80 % des financements d'adaptation des BMD pour le secteur privé sont dirigés vers des pays à revenus intermédiaires, une majorité allant vers des pays à revenus moyens ou supérieurs en Europe centrale et de l'Est, en ex-URSS et en Turquie. Cela s'explique sans doute en partie par la grande vulnérabilité au changement climatique de ces économies et par l'existence d'un secteur privé relativement plus développé et d'un environnement plus favorable à l'investissement.

#### UN POTENTIEL GAGNANT-GAGNANT

Les financements « adaptation » des BMD bénéficient principalement à l'agriculture<sup>2</sup>, suivie par

l'industrie, les activités extractives, les industries manufacturières et le commerce. Le facteur de risque, qui est le plus souvent cité par le secteur privé est la pénurie en eau – un risque particulièrement tangible. Dès lors, il n'est pas surprenant que des risques moins immédiats, susceptibles de se produire à moyen ou long terme – comme la variabilité hydrologique – soient moins souvent cités comme facteur décisionnel.

Les portefeuilles des BMD comporte principalement des investissements dans des technologies visant à améliorer l'activité opérationnelle des clients, tout en la rendant plus résistante aux effets du changement climatique : amélioration de la résistance aux sécheresses ou optimisation de l'utilisation des ressources en eau, par exemple. Du fait de leur double objectif, ces mesures peuvent être qualifiées de « gagnant-gagnant » ou « *no regret* » (celles qu'il n'y aura pas lieu de regretter).

Il n'est d'ailleurs pas étonnant que cette approche domine, dans la mesure où la maximisation des profits et la rentabilité à court ou moyen terme déterminent bien souvent les décisions d'investissement du secteur privé. Parmi les clients de la BERD, les plus en pointe sur les sujets d'adaptation sont les entreprises du secteur agricole et manufacturier. Beaucoup d'entreprises agro-alimentaires, qui ont besoin d'importantes quantités d'eau, sont aujourd'hui à la recherche de solutions innovantes pour renforcer leur résilience climatique – un phénomène particulièrement marqué dans des pays très vulnérables au changement climatique, et en particulier aux pénuries d'eau (Encadré 1). Les obstacles sont cependant encore nombreux, et il est parfois impossible de mettre en place des projets d'adaptation viables – tout particulièrement quand les effets du changement climatique sont très incertains, et susceptibles de n'intervenir qu'à moyen ou long terme. Les clients du secteur privé sont alors moins enclins à agir, même

« Le facteur de risque à maîtriser le plus souvent cité par le secteur privé est la pénurie en eau. »

## REPÈRES

La Banque européenne pour la reconstruction et le développement (BERD) a pour mission de promouvoir l'esprit d'entreprise via l'investissement financier, le conseil aux clients et le dialogue politique de haut niveau. Depuis 2006, son « Initiative pour l'énergie durable » (SEI) soutient l'investissement dans l'efficacité énergétique, les énergies renouvelables et l'adaptation au changement climatique. Ce programme concerne aujourd'hui 993 projets, pour un montant total de 17,7 milliards d'euros.

<sup>1</sup> La liste des BMD inclut la Banque africaine de développement, la Banque asiatique de développement, la Banque européenne d'investissement et le Groupe de la Banque mondiale.

<sup>2</sup> Dans le secteur agricole, les financements d'adaptation visent notamment à l'amélioration du matériel d'irrigation, au renforcement de la production de jeunes plants, à l'utilisation de systèmes innovants de goutte-à-goutte ou à l'emploi d'outils technologiques plus performants pour la gestion des récoltes.

si la durée de vie de l'investissement est aussi très longue. En outre, de nombreux clients ne savent pas comment prendre en compte la dimension climatique – et il n'y a malheureusement pas de recette toute faite. Le manque d'expertise ou de consultants spécialisés dans ces domaines est un autre obstacle, de même que l'insuffisance des données climatiques. Ces difficultés sont fréquentes dans les pays en développement, alors que ce sont pourtant les plus vulnérables aux conséquences du réchauffement climatique.

### ENCOURAGER LES INITIATIVES D'ADAPTATION CLIMATIQUE

Toutefois, les solutions techniques et financières se multiplient pour surmonter ces difficultés. Le conseil et l'assistance technique sont des moyens efficaces de promouvoir le financement de l'adaptation auprès

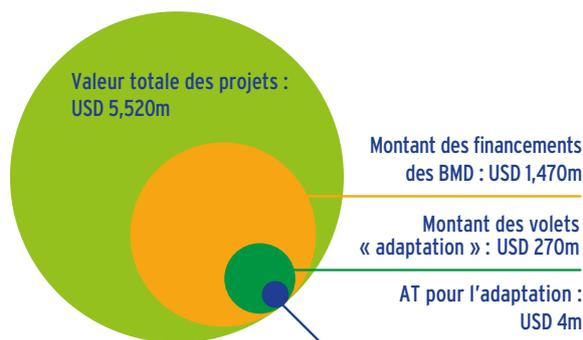
*« De nombreux clients ne savent pas comment prendre en compte la dimension climatique. »*

du secteur privé. Il faut, en effet, avant tout convaincre le client du bien-fondé de la démarche d'adaptation. Les études de faisabilité et les diagnostics énergétiques sont des outils très utiles, permettant

aux clients de bien identifier les risques climatiques, de rechercher des solutions techniques et d'en tirer des projets viables. La méthodologie repose sur des analyses comparatives, une évaluation des risques, une estimation des investissements et un plan de mise en œuvre. L'audit est effectué par des équipes de consultants spécialisés et comprend la visite des sites, une analyse de la gestion des ressources et, le cas échéant, l'élaboration d'une stratégie de responsabilité sociétale des entreprises (RSE). Si le projet est identifié comme étant sensible aux aléas climatiques, les évolutions climatiques prévisionnelles sur la durée de vie des actifs sont prises en compte. Beaucoup de BMD proposent maintenant à leurs clients une assistance technique pour les aider à améliorer leur résilience climatique (Encadré 2).

Les BMD peuvent également proposer des solutions financières dédiées, même si les obstacles peuvent, là aussi, être considérables (notamment en cas d'insuf-

### FIGURE : LES FINANCEMENTS DE PROJETS PRIVÉS D'ADAPTATION DES BMD



Note : VTP = Valeur totale des projets, BMD = Banques multilatérales de développement, AT = Assistance technique  
Source : Vivid Economics, 2015

finance des données climatiques, ou lorsque ces sujets sont encore trop nouveaux pour les clients). En plus de financer les études de faisabilité ou les audits énergétiques, les BMD peuvent proposer à leurs clients des financements concessionnels, au travers de partenariats avec par exemple les Fonds d'investissement pour le climat (FIC).

L'adaptation aux effets du changement climatique est l'un des défis majeurs de notre époque. En l'absence de réponses suffisantes, de vastes régions en subiront les conséquences, l'essentiel des actifs comme des infrastructures n'étant pas aujourd'hui prévus pour fonctionner dans un environnement différent. Il y a cependant de bonnes raisons de penser que les choses vont dans le bon sens. Tandis que le secteur privé s'engage de plus en plus activement dans la recherche de solutions d'adaptation au changement climatique, d'autres acteurs, comme les BMD, commencent à intégrer beaucoup plus largement cette question à leurs activités. ●

### ENCADRÉ 2 : AMÉLIORER LA RÉSILIENCE CLIMATIQUE DANS LE SECTEUR HYDROÉLECTRIQUE AU TADJIKISTAN

Au Tadjikistan, les températures augmentent, le régime des précipitations évolue et les glaciers reculent. Ces phénomènes peuvent impacter la variation du débit d'eau et endommager les réservoirs de certaines centrales – ce qui aurait des conséquences sur l'économie tout entière puisque 98 % de l'électricité tadjike est d'origine hydroélectrique. En 2014, la BERD a consenti un prêt de 50 millions de dollars à une compagnie d'électricité pour financer

la première phase de réhabilitation et de modernisation de la centrale hydroélectrique de Qairokkum, qui approvisionne environ 500 000 personnes. Le projet a été cofinancé dans le cadre du Programme pilote pour la résilience climatique, l'une des quatre initiatives des Fonds d'investissement pour le climat. La BERD a soutenu l'entreprise en finançant des études de faisabilité sur l'intégration du changement climatique dans les investissements

et d'une modélisation de l'hydrologie prévisionnelle de Qairokkum en fonction de différents scénarios climatiques. Cela a permis de sélectionner le mode de rénovation du réservoir le plus adapté. Une assistance technique complémentaire permettra par ailleurs d'accompagner la société dans l'intégration des questions climatiques dans la gestion opérationnelle de ses actifs hydroélectriques.

RÉFÉRENCES / Buchner, B., Farconer, A., Herve-Mignucci, M., Trabacchi, C., 2011. *The landscape of climate change 2011*, Venise - Climate Policy initiative. Disponible sur Internet : <http://climatepolicyinitiative.org/ssg/files/2011/10/TheLandscape-of-Climate-Finance-120120.pdf> // Stenek, V., Amado, J.-C., Greenall, D., 2013. *Enabling Environment for Private Sector Adaptation*. International Finance Corporation et Deloitte. // Vivid Economics, 2015. *Building an Evidence Base on Private Sector Engagement in Financing Climate Change*. Vivid Economics, Londres.

# COP21 : le nucléaire est-il climato-compatible ?

Par Ludovic Dupin - Publié le 18 novembre 2015, *L'Usine Nouvelle*

***Le nucléaire est une énergie à faibles émissions de CO2. Toutefois, selon les études, les chiffres sur ses rejets de gaz à effet de serre enregistrent des variations importantes.***



D.R

L'enjeu de la COP21 sera de s'engager sur une diminution des émissions de CO2 en particulier dans le secteur énergétique. A ce titre, un débat est engagé entre les anti-nucléaire et les pro-nucléaire. Les premiers jugent que le nucléaire ne peut pas prétendre au titre d'énergie bas carbone, comme le sont les énergies renouvelables. Les seconds assurent que la limitation du réchauffement climatique passera par l'utilisation de l'atome dans les mix électriques à venir.

## **Trop dangereux pour être efficace**

Pour illustrer la première position, [l'étude du cabinet Wise Paris](#), commandée par plusieurs ONG à commencer par Sortir du nucléaire et Greenpeace, remet en cause le titre d'énergie bas carbone trop souvent attribué au nucléaire, essentiellement pour les risques d'accident et de prolifération. Le rapport juge toutefois que "le nucléaire produit indirectement des émissions de gaz à effet de serre équivalentes, en valeur médiane, à plusieurs dizaines de grammes de CO2 par kWh - un niveau proche des renouvelables et très inférieur aux émissions des énergies fossiles".

Prenant pour référence une étude de 2008 publiée dans Energy Policy, Wise retient comme chiffre de référence des émissions de CO2 allant de 1,4 à 288 grammes équivalents de CO2 par kWh (gCO2<sub>éq</sub>/kWh) avec une valeur médiane de 66 grammes. Ce chiffre est à comparer à 1000 gCO2<sub>éq</sub>/kWh pour le charbon, 600 pour le gaz, 6 pour l'hydraulique, 100 pour le solaire et 14 pour l'éolien.

Même si la comparaison est avantageuse, Wise juge que "les émissions évitées" par la substitution du nucléaire à d'autres formes de production d'énergie, restent marginales, et sans aucun effet sur la hausse mondiale des émissions. De plus, limité dans son champ d'action, le nucléaire n'est pas de nature, même poussé à son maximum, à ramener les émissions de gaz à effet de serre à un niveau soutenable".

Selon le cabinet, "les émissions évitées par le nucléaire, ainsi calculées, atteignent aujourd'hui en réalité environ 1,5 milliard de tonne, soit un peu moins de 4% des émissions de CO2." Un résultat jugé très insatisfaisant par le cabinet au regard des besoins de la planète.

## **Deux années d'émissions évitées**

Sans surprise, le regard est radicalement différent du côté de l'initiative Nuclear for Climate (Le nucléaire pour le climat) créée en 2014 par la Société Française d'Énergie Nucléaire (SFEN), l'American Nuclear Society (ANS), et l'European Nuclear Society (ENS). Ce groupement se base sur des études menées par l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA).

"Le nucléaire est une énergie bas-carbone. Sur l'ensemble de son cycle (construction, exploitation, démantèlement), ses émissions sont comparables à celles des énergies renouvelables. L'énergie nucléaire émet en moyenne 15g de CO2/kwh, trente fois moins que le gaz (491g/kwh) et 60 fois moins que le charbon (1024g/kwh), au même niveau que l'éolien (16g/kwh) et trois fois moins que le photovoltaïque (45g/kwh)", rapporte-t-il.

En matière d'émissions de CO2 évitées, Nuclear for Climate se montre également beaucoup plus enthousiaste. "Avec 438 réacteurs nucléaires en exploitation, l'énergie nucléaire est présente dans 30 pays, représentant plus de deux tiers de la population mondiale. (...) Selon l'AIE (Agence Internationale de l'Énergie), l'énergie nucléaire a permis depuis 1971, à l'échelle mondiale, d'éviter l'équivalent de deux ans d'émissions de CO2. C'est à ce jour, avec l'hydroélectricité, l'énergie qui a le plus contribué à lutter contre les émissions de CO2". Elle ajoute : "En Europe, l'énergie nucléaire permet d'éviter chaque année les émissions de CO2 équivalentes à celles générées par les trafics automobiles annuels de l'Allemagne, de l'Espagne, de la France, du Royaume-Uni et de l'Italie cumulés".

## **Le GIEC mesuré**

Les deux positions sont radicalement opposées. Heureusement en la matière, il y a un juge de paix : le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). Dans son dernier rapport publié fin 2014, le chapitre 7 décrit pour chaque énergie

les émissions de CO2 selon l'analyse de leur cycle de vie. La méthodologie du GIEC consiste à compiler des études scientifiques d'origines variées pour en réaliser une synthèse.

Sur la base d'une dizaine de publications, le GIEC montre que les émissions de CO2 du nucléaire s'établissent entre 1 et 220 gCO2eq/kWh avec une valeur médiane à 16 grammes. Pour l'éolien, les émissions se situent entre 7 et 56 grammes avec une médiane à 16 grammes. Pour le photovoltaïque, les émissions s'établissent entre 5 et 217 grammes avec une médiane à 46 grammes. Pour les cycles combinés gaz, on atteint entre 410 et 650 grammes, et pour le charbon de 710 à 950 grammes.

Le GIEC classe ainsi les renouvelables et les nucléaires dans la catégorie des énergies capables d'apporter "des réductions significatives d'émissions de gaz à effet de serre". D'ailleurs dans tous ces scénarios de mix énergétique compatible avec une limitation du réchauffement climatique en dessous de 2 °C, le GIEC garde toujours une part de nucléaire même si elle est faible.

Le GIEC conclut : "L'énergie nucléaire pourrait apporter une contribution croissante à l'approvisionnement en énergie à faibles émissions de carbone, mais une variété d'obstacles et de risques existent". Cela fait référence aux exigences de sûreté et la difficulté de construire des réacteurs dans des pays nouvellement entrants dans le nucléaire.

**Et selon EDF, alors ?**

Du côté d'EDF, on ne donne pas de chiffre précis d'émissions du nucléaire mais le groupe communique sur un chiffre global pour son parc de production électrique (dont 82,2% de nucléaire). Il s'établit à 17 gCO2eq/kWh en 2014 et 35 gCO2eq/kWh en 2015 (différences due à la disponibilité des parcs nucléaires et renouvelables). En juillet 2015, EDF s'enorgueillissait même d'un avantageux 8 gCO2eq/kWh. Le PDG Jean-Bernard Lévy rappelle, à l'envie, qu'avec un mix électrique équivalent à celui de ses voisins européens comme l'Allemagne, l'entreprise émettrait 15 à 20 fois plus de CO2.

En réalité, en interne, des chiffres circulent. Ils avancent des émissions de CO2 inférieures à 10 gCO2eq/kWh. Un bon chiffre lié au retraitement du combustible utilisé pour produire du Mox. La France réduit ainsi l'activité minière d'extraction d'uranium, fortement émettrice de CO2.

**Bénéfice/risque**

Ainsi, l'énergie nucléaire émet peu de carbone. Même dans les études les moins favorables, ses émissions se situent au niveau de celle du photovoltaïque sur l'ensemble du cycle de vie. La question est donc celle du bénéfice/risque : est-ce que la production massive d'électricité bas carbone du nucléaire compense les éventuels risques de ce mode de production ? Pour Wise Paris et ses commanditaires comme Sortir du Nucléaire, la réponse est non. La SFEN considère que oui. Le Giec prend une position médiane. Ces experts n'excluent pas le nucléaire mais limitent son recours dans un mix énergétique mondial compatible avec un réchauffement contenu sous 2°C.

*L'Usine de l'Energie* - L'Energie, c'est aussi l'affaire de l'industrie. Pour comprendre les enjeux de la transition énergétique, suivre le développement des énergies renouvelables, décrypter les politiques environnementales et mesurer l'impact de ces changements sur la compétitivité des usines, L'Usine Nouvelle donne la parole aux industriels. Solaire, éolien, gaz de schiste, nucléaire, hydrogène, pétrole, charbon, biomasse, énergies offshore, isolation des bâtiments... toutes les énergies et les sujets seront traités par nos journalistes et notre réseau d'experts.

<http://www.usinenouvelle.com/article/cop21-le-nucleaire-est-il-climato-compatible.N362954>

# ENCOURAGER LA RECHERCHE SUR LES ÉNERGIES DURABLES

L'ADEME a lancé la deuxième édition de l'appel à projets de recherche *Énergie Durable*. Avec un enjeu : concevoir et développer des solutions innovantes de production, de gestion et d'utilisation efficaces de l'énergie.



© Arnaud Bouissou/MEDDE-MLETR

Cet appel à projets vise à réduire la consommation d'énergie non renouvelable, en finançant des projets de développement de technologies innovantes.

Sur les 37 projets déposés dans le cadre du premier appel à projet Énergie Durable lancé en 2014, l'ADEME en a sélectionné 15, pour un montant d'aide global d'environ 3,6 millions d'euros<sup>1</sup>. Citons, par exemple, le cabinet de géomètres GTA, qui entend mutualiser les réseaux de chaleur à l'échelle d'îlots de bâtiments, ou encore la société SOLAGRO, qui développe un nouveau procédé (méthanisation biologique) de valorisation d'hydrogène renouvelable, pour améliorer la production de biogaz. « Avec ce nouvel appel à projets, nous souhaitons inscrire cette dynamique dans la durée », explique Nicolas Tonnet, animateur de recherche au service Recherche et Technologies avancées de l'ADEME. L'objectif global reste le même : réduire la consommation d'énergie non renouvelable, en finançant des projets de développement de technologies innovantes ou d'élaboration de guides méthodologiques et d'outils d'aide à la décision pour les acteurs territoriaux. Sont concernés : les laboratoires de recherche, les entreprises, les collectivités et leurs opérateurs qui sont appelés à travailler de manière collaborative sur des projets de validation ou de démonstration de solutions innovantes. « Un nouveau thème a été rajouté pour cette deuxième édition, précise Nicolas Tonnet. Sont bienvenus les projets de recherche portant sur le développement d'équipements et de méthodes de gestion de l'énergie à destination du secteur industriel pour lui permettre de proposer une offre de flexibilité ou d'effacement. » Clôture : 14 octobre 2015.

1. Soit 240000 euros d'aide en moyenne par projet



Plus d'infos :  
> [nicolas.tonnet@ademe.fr](mailto:nicolas.tonnet@ademe.fr)



Avec le fil d'actu, suivez l'info par courriel en vous inscrivant sur [www.ademe.fr/ademeetvous-abonnement](http://www.ademe.fr/ademeetvous-abonnement)

## Les appels à projets

### INVESTISSEMENTS D'AVENIR

#### Appel à projets Transports ferroviaires

L'objectif est de financer des projets de recherche et développement dans le domaine du transport ferroviaire débouchant sur des réalisations industrialisables, soutenues par un plan de commercialisation et d'affaires cohérent. Il s'agit des systèmes et matériels de transports ferroviaires, guidés au sol, à l'usage des personnes et des marchandises, tant en milieux urbains qu'interurbains et sur les courtes et longues distances.

**Clôture : 31 mai 2016.**

#### Appel Eau – Qualité de l'eau et gestion de la rareté

Il vise à financer des projets de recherche et développement (R&D) dans le domaine de la gestion de l'eau, dans l'objectif d'amener à une mise sur le marché de produits ou services innovants d'ici deux à cinq ans. Il s'adresse aux acteurs de la filière de l'eau susceptibles de développer des solutions innovantes et de diffuser l'offre en France et à l'étranger en contribuant aux grands enjeux mondiaux portant sur la qualité de l'eau et la gestion de la rareté.

**Clôture : 31 mai 2016.**

#### Appel Biodiv PME

L'Initiative PME-Biodiversité a pour objectif de cofinancer des projets développant des technologies, des services et des solutions méthodologiques, organisationnelles ou financières, innovantes et durables en matière de préservation et de restauration de la biodiversité.

**Clôture : 5 octobre 2015.**



Consulter tous les appels à projets : [www.ademe.fr/actualites/appels-a-projets](http://www.ademe.fr/actualites/appels-a-projets)

# Modelling air quality

**INERIS, a key player in the field of air quality modelling, brings its expertise to policy makers. Laurence Rouil, head of the environmental modelling and decision making department, explains**

**F**ounded in 1990, INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques) is a French public institute acting under the supervision of the ministry in charge of environment and sustainable development. INERIS leads research and expertise activities requested by public authorities and industrial operators in the field of chemical risks.

### Why model air quality?

Air pollution is acknowledged as being one of the most sensitive environmental concerns our industrial societies have to face. The World Health Organization (WHO) has recently published fighting figures with 4.3 million deaths attributable to air pollution in the world (99,000 in Europe). Reducing human exposure to air pollution supposes: 1) to know the current air pollution levels and their trends; 2) to identify, reduce and control main sources; 3) to understand how air pollution develops from the global to the local scale; and 4) to inform the general public and especially the sensitive population.

Air pollution is controlled in Europe by Directives that set limit values and targets for air pollutant concentrations and exposure, reduce emissions in the member states from various activity sectors, and frame the implementation of air quality monitoring networks, regulatory reporting processes and public information. In response, air quality monitoring networks developed in the member states. Observation and measurements are the most natural ways to catch air quality issues in a regulatory framework. Instruments can be calibrated, their uncertainty is considered as controlled, their use is ruled by common sets of good practices, and the general public as decision makers can reasonably trust the information they provide. But, by definition, this information is limited in space and time.

And we need more. Numerical modelling is certainly the most relevant way to complement observation. In general, the added value of using models for air quality management can be summarised as follows:

- **Forecasting air pollution levels in a near or remote future:** Modelling is the only way to assess the potential evolution of concentrations in the future according to the variation of factors such as meteorology and emissions. Forecasting is necessary for public information (short term) and decision making (long term planning), and
- **Understanding the air pollution phenomenon:** Modelling allows sensitivity studies that help in the identification of the main drivers of air pollution (emissions and sources, long range transport, natural events, meteorology). It is essential to target the most efficient emission control strategies.

■ **Forecasting air pollution levels in a near or remote future:** Modelling is the only way to assess the potential evolution of concentrations in the future according to the variation of factors such as meteorology and emissions. Forecasting is necessary for public information (short term) and decision making (long term planning), and

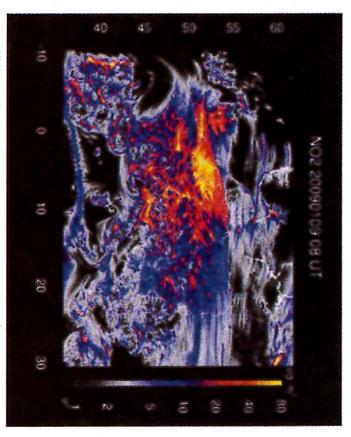
- **Understanding the air pollution phenomenon:** Modelling allows sensitivity studies that help in the identification of the main drivers of air pollution (emissions and sources, long range transport, natural events, meteorology). It is essential to target the most efficient emission control strategies.

### INERIS skills and expertise

INERIS, to develop its expertise in the field of air quality management as support to decision makers, chose to bet on numerical modelling more than ten years ago. Numerical modelers and experts in atmospheric sciences from the institute worked together with research laboratories from the National Research Centre to develop the CHIMERE model (<http://www.inrd.polytechnique.fr/chimere/>). CHIMERE is a so-called 'chemistry-transport model' (CTM). It is able to simulate numerous physical and chemical processes that drive the evolution of pollutants in the atmosphere and impacts human health and ecosystems.

At the beginning of the 2000s, when INERIS started to investigate modelling capacities, CHIMERE was fitted to simulate ozone concentration fields throughout Europe, covered with a 50km resolution. Now it is used to simulate not only ozone, but also particulate matter, nitrogen dioxide, heavy metals and other regulatory pollutants from the European scale to the regional scale, with a spatial resolution ranging from 25km down to 2km. This is the result of huge combined efforts in atmospheric research to consolidate relevant and reliable simulation tools, accounting for very complex physical-chemical mechanisms and in high performance computing.

The map displays nitrogen dioxide concentrations on 9 January 2009 in Europe simulated with a 2km resolution. It is issued from an experiment we have conducted to accurately reproduce high pollution levels in Europe during a pollution episode that occurred in that month. Such a calculation was performed on a 2000 CPU computer hosted by the Research and Technology Computing Center (CCRT) in the framework of a partnership with INERIS. It



High resolution nitrogen dioxide concentration fields in Europe, 9 January 2009, simulated with the CHIMERE model

would have taken more than 13 years of computational running time if launched ten years ago.

High resolution modelling in air quality increases reliability and builds up confidence from policy users. It allows a better understanding of phenomena as well, such as in the present case, strong interlinkages between the cities and the European scale. One clearly impacts the other and it is essential to define control strategies that combine both: sectoral emission control measures impacting the whole of Europe with local action plans in the cities.

### Decision making applications

The CHIMERE model is run by INERIS in the national air quality forecasting and mapping platform, PREV'AIR ([www.prevair.org](http://www.prevair.org)). The PREV'AIR consortium (INERIS, Météo France and the National Research Centre) was created in 2003 after a huge ozone episode that occurred in Europe with a summer heat wave.

INERIS hosts the modelling platform in a supercomputing centre, in charge of its maintenance and evolution, and is responsible for its exploitation. The PREV'AIR system produces, on a daily basis, up to two days' forecasts of ozone, particles and dioxides nitrogen concentrations at the global, European and French scales. PREV'AIR was set up in 2003 and became a reference point at the international level, as being one of the first operational air quality forecasting systems running for decision making and public information purposes. It is used by the ministry in charge of the environment to support decision making especially in pollution episodes. In such situations, PREV'AIR forecasts are considered regarding the decision of implementing emergency and short term management measures likely to reduce pollutant emissions. It is an effective tool of communication as well, to raise public awareness.

It recently proved its capacities again during the exceptional particulate matter pollution episode that impacted France and parts of Europe in March 2014. PREV'AIR forecasts were right.

Finally, INERIS's efforts to promote air quality modelling led to include it as a part of the air pollution monitoring strategy in France. Nowadays, maps displaying current and past air pollution patterns should not only be based either on observations or simulations, but should combine both sources, thanks to data assimilation techniques, to provide best estimates. Moving towards integrated approaches belongs now to good practices in air pollution assessment and management and INERIS is deeply involved in the development and dissemination to decision makers of this concept.

This is one of the main objectives of the new European Copernicus atmosphere services ([www.copernicus.eu](http://www.copernicus.eu)) that are currently developed within the MACC-II project (under the Seventh Framework Programme) and that will become fully operational in 2015. Those services aim at integrating various information sources (in situ data, satellite observations, modelling) into services to monitor the state of the environment. INERIS actively participates in this project and objectives with the CHIMERE model.

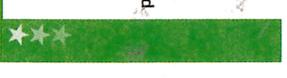
### Long term perspective

Last but not least, modelling makes it possible to assess the impact of air pollutant emissions control strategies, even in a long term perspective under climate change. INERIS has developed a new modelling chain coupling the chemistry-transport model CHIMERE with a climate model. Analyses of the impact of climate on future air quality and human exposure (translated in terms of morbidity and mortality) have been performed with this new modelling chain. This study allowed the assessment of the efficiency and costs of various emission reduction scenarios to control air pollution. It investigated potential co-benefits in terms of costs and impacts of both climate and air pollution policies. Therefore, operational assessment of policy options with various levels of ambition was delivered to provide policy makers with concrete inputs.

This certainly illustrates one of the most important and sensitive applications of air quality modelling. And there are more and more requests and expectations to the modelers for developing and implementing accurate, robust and reliable tools to support decision making. This is a fascinating and exciting challenge, and INERIS is ready to meet it.



**Laurence Rouil**  
Head  
Department of Environmental Modelling and Decision Making  
INERIS  
tel: +33 344 55 61 13  
laurence.rouil@ineris.fr  
[www.ineris.fr](http://www.ineris.fr)





# Sommaire

## Les emplois éoliens

### A. Une filière en croissance

- Une période de reprise
- Un observatoire qui s'affine
- Une maturation de la chaîne de valeur
- Des acteurs diversifiés et multiples

P.6

### B. Localisation des emplois éoliens

- Un maillage territorial fin
- Un levier de développement régional
- Des opportunités pour les régions

P.16

## Le marché éolien

### A. Bilan du marché de l'éolien

- Un marché qui se développe
- Une offre concurrentielle, en consolidation
- Des régions françaises dynamiques
- L'Europe en croissance

P.28

### B. Des technologies en évolution

- Une tendance vers des machines plus hautes
- Une offre technique concentrée
- Une montée en puissance des parcs et des éoliennes
- Une production en hausse continue

P.40

## Le futur de l'éolien

### A. Des formations adaptées aux besoins de la filière

- Un tissu de formations certifiantes
- Des formations professionnelles et supérieures étoffées

P.50

### B. Une R&D active sur tout le territoire

- Typologie et répartition des acteurs
- Cartographie des acteurs de la R&D

P.58

### C. Une filière qui se structure

- Une filière animée par des acteurs multiples
- Exemple d'un cluster

P.64



# L'activité de recherche et développement

## Typologie des acteurs impliqués dans la R&D

**152 acteurs** conduisant des activités de R&D ont été identifiés et recensés à ce jour sur le territoire français. Ils sont composés de :

- **81 acteurs publics** (agences, instituts, universités, laboratoires publics, grandes écoles, Centre techniques...)
- **55 acteurs privés** (entreprises, bureaux d'étude...)
- **11 clusters** dont **5 pôles de compétitivité** actifs dans l'éolien qui regroupent de multiples acteurs.

Les deux thématiques de recherche dans le domaine de l'éolien sont les suivantes :

- **Les sciences techniques** : la mécanique, l'électrotechnique, l'aérodynamique, l'électronique, le dimensionnement...
- **Les sciences humaines et sociales** : perception, acceptation sociale et acceptabilité des fermes éoliennes sur le territoire français, études d'impact environnemental...

Les projets de R&D en éolien concernent principalement les sciences techniques, dites aussi sciences « dures », en comparaison aux Sciences Humaines et Sociales (SHS). On note tout de même un rôle non négligeable des SHS, et notamment de nombreux travaux sur l'acceptabilité des EnR.

Les emplois

Le marché

Le futur



## Quand les entreprises jouent à SimCity

Catherine Sabbah | *Les Echos* du 19/10 /2015



*Les simulateurs numériques, mis au point par la PME française Enodo, permettent de s'immerger, en 3D, dans des villes reproduites le plus fidèlement possible, afin d'imaginer leur développement. - Photo Enodo*

**La ville durable est-elle exportable ? Deux simulateurs présentent sous forme de jeu vidéo plus d'une centaine de solutions urbaines mises au point par des entreprises françaises. Des outils de promotion censés permettre à ces dernières de "chasser en meute" à l'étranger.**

Lorsque le programme veut bien démarrer, c'est un jeu d'enfant, un joystick en main, de circuler en ville. Sur ses pieds virtuels, le piéton se promène dans les rues d'Astana, au Kazakhstan, ou de Santiago, au Chili, emprunte un téléphérique, visite des parcs... et découvre en 3D ici une ligne de tramway, là un bâtiment à énergie positive, une borne de recharge pour sa voiture électrique, un système d'évacuation des déchets, des éoliennes... Il suffit de cliquer sur les icônes clignotantes de ces maquettes virtuelles pour voir apparaître une fiche technique, bien réelle, contenant toutes les informations sur le produit et la ou les entreprises qui l'ont mis au point et le vendent. **Le " club " ainsi constitué regroupe plus d'une centaine de TPE, PME, ou start-up françaises de toutes tailles.** Elles ont été répertoriées et choisies pour leurs brevets ou leurs solutions innovantes, durables et plutôt " low tech ".

Aux mains des services économiques des ambassades et des représentants de Business France, au gré des déplacements ministériels ou des délégations, ces vitrines numériques du savoir-faire français, faciles et ludiques à manipuler, sont censées soutenir nos industriels à l'export. Mais ces VRP sont-ils les mieux à même de vendre ces solutions parfois très techniques ? C'est justement tout l'enjeu de la présentation façon jeu vidéo. Enodo, une entreprise niçoise de 15 personnes, a mis au point l'un des moteurs numériques et parie sur cette approche. *"Cela peut sembler anecdotique, mais les utilisateurs de jeux dont le décor est une ville deviennent de vrais experts du déplacement, connaissent bien les lieux. Sans remplacer l'expertise technique, la reproduction de ce type d'immersion à l'aide de données réelles pourrait révolutionner la manière de fabriquer et de gérer les villes. Un vrai SimCity. Combien d'élus se trouvent un peu désemparés devant des plans qu'ils ne savent pas lire ?"* interroge Jean-Baptiste Reynes, cofondateur de cette PME. L'un de ces "simulateurs", Astainable, a été développé par le groupement Eiffage-Engie-Egis ; l'autre, Santiago Deseado, par Veolia et Artelia, en association avec les architectes et **urbanistes** d'Arte Charpentier et d'Architecture Studio.

### **Deux chefs de file, Eiffage et Veolia**

Au moins autant que leurs développeurs, le gouvernement compte sur ces outils pour exporter l'excellence urbaine nationale. Car l'idée est née il y a deux ans, au cabinet de Nicole Bricq, alors ministre du Commerce extérieur : *"J'en avais assez de voir les Allemands, les Suédois avec Simbiocity ou les Anglais chasser en meute à l'étranger. Nous arrivons souvent dispersés alors que nous disposons d'une excellente expertise de tous les métiers. Il nous fallait développer une offre commerciale. Lorsque les Chinois nous interrogent, c'est pour construire des villes entières* », raconte l'ancienne ministre, sénatrice de Seine-et-Marne. En 2013, devançant les réflexions interministérielles *"qui n'avancent pas "*, elle lance un appel à manifestation d'intérêt et récompense deux groupements lauréats dont les chefs de file sont Eiffage et Veolia. A eux, à partir de villes tests imposées, Astana et Santiago, de développer ces catalogues numériques de solutions et de partenaires industriels capables de développer des villes durables, c'est-à-dire économes en énergie et en eau, aux transports fluides, construites dans le respect de l'écosystème, assainies, agréables à vivre, apaisées... Un rêve lointain encore à peu près partout sur la planète.

Pourquoi offrir à deux villes ces programmes à 2 millions d'euros chacun, financés par le Fonds d'étude et d'aide au secteur privé (Fasep) ? Parce que, pour convaincre, mieux vaut tâter le terrain plutôt que naviguer hors sol. Et pour orienter les choix d'une collectivité, disposer de données réelles concernant tout son environnement urbain, social et économique : le nombre de bâtiments existants, la densité de la population, la croissance du parc automobile et ses alternatives, le pourcentage d'espaces verts, la taille des rues, l'emplacement des réseaux, le revenu moyen de la population, qui a accès à un téléphone portable... et des centaines d'autres. Passées dans un grand mixeur et agrégées par d'intelligents algorithmes, ces connaissances viennent ensuite nourrir une maquette virtuelle dynamique. Et présenter ce que pourrait être la ville dans dix ou vingt ans, si ses élus adoptaient les solutions françaises proposées. *" Le simulateur n'invente pas le programme et ne fabrique pas le projet, c'est une boîte à outils très précieuse pour nous aider à mieux le définir,* explique Antonio Frausto, associé de l'agence Arte Charpentier.

*Le croisement de données aboutit parfois à des indicateurs auxquels nous n'aurions pas pensé et qui peuvent orienter des décisions politiques. » " Astana est une ville jeune, poussée trop vite, au climat rude, développée sans réel plan, aux antipodes de la ville durable dont rêvent les Français. A la fois un contre-exemple et un bon terreau à ensemercer pour proposer des transformations à l'horizon 2030 ", explique Valérie David, chargée de suivre le projet pour Eiffage. "A Santiago, la maire Carolina Tohá a tout de suite perçu l'intérêt de notre proposition et nous a demandé de réfléchir à une situation urbaine réelle, la couverture du tronçon de l'autoroute panaméricaine qui tranche la ville en deux ", détaille Catherine Savart, directrice du projet innovation chez Veolia. Deux cas d'école considérés comme complémentaires.*

Le modèle développé pour ces lieux très spécifiques est-il reproductible ? C'est évidemment le but du jeu et l'intérêt du simulateur, qui dépasse le simple club d'entreprises. Aussi précis soit-il, il aurait pu, pour beaucoup moins cher, figurer sur un simple site Internet. L'intention est louable de passer d'intuitions plus ou moins vérifiées à des certitudes. Mais l'urbanisme n'est pas une science exacte et la répétition de modèles peut, dans des cultures, des géographies et des contextes différents, mener à des catastrophes défigurant le territoire pour des décennies. La ville durable à la française peut-elle se couler dans n'importe quel contexte ? « *La maquette n'est pas le plus compliqué à fabriquer, explique JeanBaptiste Reynes. Une fois les données récoltées auprès des villes, dont certaines disposent de très bons systèmes d'information, il faut intégrer des solutions urbaines adaptées sous la direction d'experts. Utiliser une méthode et non plaquer un modèle.* » C'est pourquoi, au-delà des outils de communication, la version en 3D et le catalogue commercial, les deux simulateurs présentent des stratégies urbaines de développement via des plans et des documents moins directement accessibles au public néophyte. Un niveau de lecture "sérieux" pour les techniciens, un autre un peu plus "fun " pour les politiques ? " *Le procédé laisse une très large part au diagnostic. A partir de la grille d'analyse que nous avons mise au point, il est facile d'identifier rapidement les enjeux dans n'importe quelle ville », assure Catherine Savart.*

### **Un grand absent, Bouygues**

Copropriétaire (avec l'Etat et la ville d'Astana) de son outil, Eiffage n'a pas attendu pour en développer un second à Libreville, au Gabon. La mise au point a pris quelques mois contre deux ans pour la première édition. Y figurent les mêmes entreprises et d'autres, dont les solutions sont plus adaptées au climat tropical et à l'utilisation de l'énergie solaire par exemple. Pour les choisir, les chefs de file des groupements ont fouillé dans les pôles de compétitivité, arpenté les Salons, utilisé leurs réseaux, repéré les nouveaux procédés. L'offre est fournie mais pas exhaustive. Certains grands groupes déjà bien implantés à l'étranger, jaloux de leurs marchés ou dubitatifs sur l'intérêt de cet outil, n'ont pas souhaité partager leur expérience. Et parmi cette offre française manque tout de même l'un des géants du bâtiment, de la route et des services urbains. Vinci a participé de loin à l'expérience chilienne. Bouygues à aucune. Ni l'un ni l'autre n'avait répondu à l'appel à projets de 2013. " *Parce que nous préférons construire une réalité plutôt que d'imaginer l'avenir en 3D ", répond l'un de ses responsables...*

Eiffage et Veolia, dont les filiales figurent bien sûr en bonne place dans le catalogue, ont commencé à dévoiler leurs simulateurs dans les forums internationaux consacrés au développement urbain. Innovants, ils sont toutefois un peu noyés dans la masse de plates-formes numériques qui fleurissent un peu partout. La ministre de l'Écologie, Ségolène Royal, vient à nouveau de lancer une réflexion : un appel à projets pour des " démonstrateurs " urbains, non plus virtuels mais réels. De vrais quartiers de ville durable à construire en France, chargés, tout comme les simulateurs, de prouver l'excellence de nos solutions aux visiteurs étrangers. " *Ils étaient déjà en gestation il y a deux ans, il leur faudra encore quelques années pour être prêts à démontrer quelque chose, en attendant, nous avons avancé ", constate Nicole Bricq.*

### **Les points à retenir**

Sous l'impulsion de l'ancienne ministre du Commerce extérieur, deux groupements ont mis au point des simulateurs permettant d'imaginer des "villes durables", économes en énergie et en eau.

Des projets de ce type ont été développés pour les villes d'Astana, au Kazakhstan, et de Santiago, au Chili.

Respectivement portés par Eiffage et Veolia, ils recensent à la fois les solutions urbaines disponibles et les entreprises de toute taille qui les proposent. Un nouveau genre de catalogue, qui pourrait permettre de mieux faire connaître et d'exporter le savoir-faire français en la matière.