

# QUESTION

31 NOVEMBRE 2015

## DE DÉVELOPPEMENT

SYNTHÈSES DES ÉTUDES ET RECHERCHES DE L'AFD

# Transition énergétique : de la recherche à la prise de décision<sup>1</sup>

AIDER À LA CONCEPTION DES  
POLITIQUES ÉNERGIE-CLIMAT  
AVEC LES OUTILS DE LA  
MODÉLISATION ÉCONOMIQUE

Le modèle de croissance du XX<sup>ème</sup> siècle s'est largement appuyé sur l'exploitation d'énergies fossiles et de ressources naturelles extraites à faible coût. L'épuisement de ces ressources, l'augmentation tendancielle de leurs prix sur le long terme et les conséquences de leur exploitation sur l'environnement et le climat, font que la durabilité de ce modèle est aujourd'hui remise en cause.

<http://bibrairie.afd.fr/filtres/?terms=1085>

La notion de transition énergétique vise à reconsidérer l'usage des ressources énergétiques et du capital naturel afin d'en atténuer les effets négatifs sur l'environnement, sans sacrifier pour autant la croissance économique et le bien-être des populations. La traduction de cette notion en action est une tâche ardue.

L'AFD a conçu et financé des projets de recherche et de coopération technique dans le but d'éclairer la prise de décision sur le coût à court terme et l'impact à long terme des mesures permettant d'accélérer la transition vers des systèmes énergétiques sobres en carbone. S'appuyant sur des outils d'analyse empirique économique (et notamment sur des modèles « économie-énergie »), ces projets ont été déployés dans plusieurs contextes d'intervention parmi lesquels l'Afrique du Sud, la Chine et le Mexique qui sont discutés ici.

### Les enjeux d'analyse de la « transition énergétique »

La conception des politiques de transition énergétique est un processus complexe dont l'objectif principal est de modifier le comportement de consommation et d'investissement d'une multitude d'acteurs économiques dont la dépendance aux énergies fossiles est hétérogène. Sur le plan microéconomique, ces politiques doivent définir les incitations économiques, financières et réglementaires pouvant enclencher des évolutions comportementales de long terme (fiscalité carbone, démantèlement des subventions aux énergies fossiles, subventions des énergies renouvelables, entre autres). Sur le plan macroéconomique, elles doivent minimiser le coût agrégé des émissions de CO<sub>2</sub> tout en veillant à une bonne répartition de ce coût entre les agents économiques. Au vu de l'exposition directe au coût explicite ou implicite induite par les politiques de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, l'impact de la transition énergétique sur les revenus réels de certaines catégories d'acteurs peut être fortement négatif. Pour être socialement acceptables dans la durée, ces politiques doivent ...

<sup>1</sup> Les analyses présentées sont l'aboutissement de projets de recherche pilotés par la Direction des Etudes, Recherches et Savoirs (ERS) et de programmes de coopération technique mis en œuvre par la Direction des Opérations de l'Agence Française de Développement (AFD). Les principaux résultats ont été exposés lors de l'atelier : *Bridging Research and Policy in Energy Transition*, organisé par ces deux Directions en mars 2015.

---

ainsi se doter d'une dimension redistributive. Cet aspect redistributif pose un enjeu sérieux pour les pays émergents dont la dimension sociale des politiques publiques est souvent insuffisante.

Dans la conception des stratégies nationales de transition énergétique, les économies en développement peuvent être accompagnées afin d'orienter les décisions en matière de mesures incitatives d'options d'investissement et de schémas redistributifs. Pour ce faire, un cadre analytique solide permettant d'intégrer les dimensions technologiques, énergétiques, et environnementales des stratégies de développement national et de projeter leurs interactions dans le futur est indispensable. Très souvent, ceci fait aujourd'hui défaut dans les pays en développement.

Face à ce constat, la Direction des Etudes, Recherches et Savoirs et la Direction des Opérations de l'AFD ont lancé un programme d'analyse pluriannuelle s'appuyant sur les outils de la modélisation économique des systèmes énergétiques. Deux objectifs sont ici poursuivis :

- d'un point de vue opérationnel, il s'agit d'assurer l'accompagnement des pays partenaires dans l'exploitation « durable » de leurs ressources énergétiques afin de réduire leur exposition à la raréfaction des ressources fossiles, d'améliorer leur sécurité énergétique et, dans la mesure du possible, de définir une politique énergétique pouvant être un levier de croissance endogène ;
- d'un point de vue stratégique, il s'agit d'apporter une vision originale dans le débat international sur la transition énergétique en veillant à ce que les enjeux de développement économique et social soient pleinement pris en considération.

Les trois projets nationaux présentés ici visent ainsi à éclairer les décideurs publics à partir d'outils d'analyse empirique économique permettant de quantifier les coûts à court terme et les impacts à long terme de différentes mesures de politique publique. Les variables expliquées par ces modèles « économie-énergie » sont, par exemple, la demande en énergie, les émissions de gaz à effet de serre (GES), les volumes de compensation à consentir, la croissance économique et l'emploi.

### Economie verte, emploi et développement en Afrique du Sud

Parmi les économies émergentes, la croissance de l'Afrique du sud des dix dernières années a été caractérisée par un faible contenu en emploi et un taux de chômage estimé à

25 %. Le chômage est particulièrement élevé parmi les individus à niveau d'éducation faible. *A contrario*, on assiste à une demande croissante de travail hautement qualifié qui risque de compromettre les efforts politiques visant le nivellement des inégalités dans le pays.

Dans ce contexte, l'AFD a lancé, en collaboration avec le Centre de Recherche International sur l'Environnement et le Développement (CIRED), un projet d'étude triennale qui visait à mettre en relation la stratégie nationale de croissance verte sud-africaine et les enjeux en termes d'emploi et de développement économique (Schers *et al.*, 2015). A l'aide du modèle hybride *Impact Assessment of Climate Policy in South Africa* (IMACLIM-SA) ce projet a exploré l'impact, par rapport à la projection de référence (RP) à l'horizon 2035, de six scénarios (R1 à R6) de recyclage d'une taxe carbone sur : la croissance économique ; l'emploi et le taux de chômage ; les émissions de CO<sub>2</sub>.<sup>2</sup> Deux niveaux de taxe sont considérés : (i) 100 ZAR<sub>2005</sub> (18 USD<sub>2013</sub>)/tCO<sub>2</sub> ; (ii) 300 ZAR<sub>2005</sub> (55 USD<sub>2013</sub>)/tCO<sub>2</sub>. Les principaux résultats peuvent être ainsi résumés :

- Tous les scénarios de recyclage analysés conduisent à un ralentissement de la croissance par habitant et à une augmentation du chômage, à l'exception de deux cas dans le cadre d'un niveau de la taxe carbone à 100 ZAR<sub>2005</sub>, où le schéma redistributif concerne : (a) une baisse du niveau de la taxe à la valeur ajoutée (scénario R2) ; (b) en complément de cela, la réorientation des investissements dans l'éducation (scénario R2+). En R2+, l'impact expansionniste sur l'économie est encore plus évident qu'en R2 au vu des effets positifs des productivités du travail et du capital accrues engendrant l'augmentation du PIB par tête et la contraction du niveau de chômage.
- D'autre part, un schéma de redistribution forfaitaire et distinct par classes de ménages (R6) mène à une réduction des inégalités de revenu disponible des individus par rapport à tout schéma alternatif, indiquant qu'un arbitrage existe entre efficacité et équité de la politique.
- Au vu de la croissance de l'activité économique attendue, une valeur de la taxe à 300 ZAR<sub>2005</sub> /tCO<sub>2</sub> appliquée dans le contexte du « Plan National d'Investissement de Long Terme sur l'Electricité » permettrait de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de 42 à 46 % par rapport à RP (i.e. en absence de taxe carbone) et d'atteindre donc les objectifs de stabilisation à l'horizon 2035. Un niveau de taxe à 100 ZAR<sub>2005</sub>/tCO<sub>2</sub> ne permettrait pas de réaliser des économies d'énergie de façon à ce que les objectifs de réduction soient atteints, et ce en raison de son faible effet sur les prix des énergies (initialement bas).

<sup>2</sup> Plusieurs scénarios de recyclage de la taxe ont été analysés. En plus de ceux détaillés par la suite, ceux-ci incluent la réduction du déficit public (R1), l'expansion des dépenses publiques (R5), ainsi que des combinaisons des autres scénarios.

## Les efforts de stabilisation des émissions de CO<sub>2</sub> en Chine

Fruit de la collaboration quinquennale autour du *China Energy & Climate Project* (CECP) entre l'AFD, le Massachusetts Institute of Technology (MIT) et l'Université Tsinghua de Pékin, cette étude a permis d'estimer l'impact des mesures « climat » proposées par le gouvernement chinois sur l'économie et les émissions de CO<sub>2</sub>. A l'aide du *China-in-Global Energy Model* (C-GEM), deux scénarios d'évolution du système énergétique sont considérés pour la Chine :

(i) un scénario d'Effort Continu (EC), qui suppose que le pays consolide son chemin de réduction de l'intensité carbone de son économie à 3 % par an jusqu'à 2050. L'EC fait l'hypothèse de la mise en place d'une taxe carbone, d'un tarif d'achat de l'électricité générée à partir des ressources renouvelables, ainsi que d'un renforcement des capacités de production hydro-électrique et nucléaire (supposé planifié par le gouvernement).

(ii) un scénario d'Effort Accélééré (EA), qui vise à atteindre des objectifs de réduction de CO<sub>2</sub> ambitieux (jusqu'à 4 % par an) et considère un niveau de taxe carbone cohérent avec ces objectifs. Il suppose le même schéma de tarif d'achat qu'EC, mais le coût d'intégration des énergies renouvelables intermittentes est plus faible. EA considère de plus le déploiement soutenu du nucléaire après 2020. Les résultats montrent qu'en raison d'une baisse de la demande énergétique, le niveau d'émissions de CO<sub>2</sub> associées au EC est bien en dessous du scénario de référence, où aucune mesure de stabilisation n'est préconisée (cf. figure 1). La valeur de la taxe permettant d'atteindre ces niveaux est de 26 USD/tCO<sub>2</sub> en 2030 et 58 USD/tCO<sub>2</sub> en 2050. Dans EA, les émissions se stabilisent entre 2025 et 2035 à un niveau de 20 % au-dessus du niveau actuel. Le prix du carbone passe de 38 USD/tCO<sub>2</sub> en 2030 à 115 USD/tCO<sub>2</sub> en 2050 par rapport à EC, mais dans EA les émissions atteignent leur niveau culminant 10 ans plus tôt.

## La transition énergétique au Mexique : un double dividende est possible

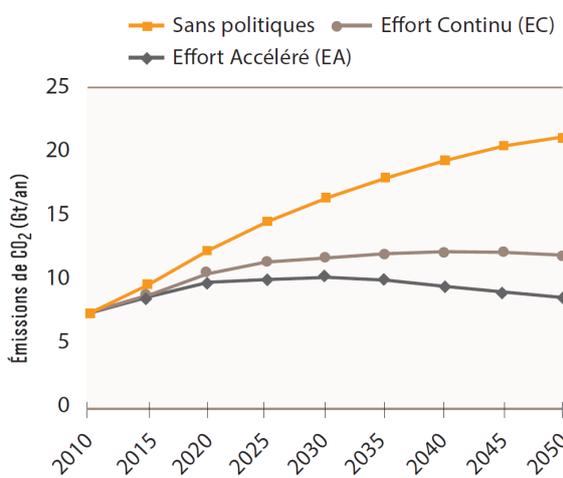
Au Mexique, le programme développé par l'AFD a associé l'Institut National pour l'Ecologie et le Changement Climatique (INECC), organisme public sous la tutelle du ministère mexicain de l'Environnement, et l'Observatoire Français des Conjonctures Economiques (OFCE). Ce programme a développé la version mexicaine du modèle Three-ME qui a été conçue en France par l'OFCE et l'ADEME et utilisée lors de la préparation de la loi sur la transition énergétique. Three-ME/Mexique a ainsi été utilisé afin d'évaluer l'impact économique (sur la croissance, l'emploi et les

comptes extérieurs) des mesures d'intervention publique cohérentes avec les objectifs ambitieux de la politique climat du gouvernement mexicain : réduction des émissions de GES de 30 % en 2020 par rapport au scénario de référence *Business As Usual* (BAU) et de 50 % en 2050 par rapport au niveau d'émission de l'année 2000.

Plusieurs scénarios de transition énergétique ont ainsi été testés incluant : une taxe carbone (S1A) ; une taxe carbone avec suppression des subventions aux énergies fossiles (S1B) ; une taxe carbone et la suppression des subventions aux énergies fossiles associées à une politique de redistribution des recettes de la fiscalité carbone (S2). Ces trois scénarios ont été comparés à une trajectoire BAU.

L'analyse de ces scénarios présentée dans la figure 2 montre qu'une transition énergétique organisée à partir de S1B aurait un impact macroéconomique fortement négatif sur la croissance, l'investissement et l'emploi. De fait, pour obtenir les objectifs affichés de la politique climat en 2050, le modèle montre que le niveau de la taxe carbone doit être établi de telle sorte que les prix de l'énergie soient multipliés par 4 à horizon 2050. Point positif cependant : la mise en place d'une politique fiscale visant à redistribuer le supplément de recettes publiques découlant de la fiscalité carbone d'une part, et de la suppression des subventions aux énergies fossiles d'autre part, aurait un impact expansionniste sur le plan macroéconomique. La transition énergétique peut ainsi engendrer un double dividende, entendu comme une croissance économique et une expansion de l'offre d'emplois associées à une réduction des émissions de GES résultant de mesures de décarbonation du système énergétique du pays.

FIGURE 1: NIVEAU D'ÉMISSIONS CHINOISES DE CO<sub>2</sub> DANS LES TROIS DIFFÉRENTS SCÉNARIOS



Sources : Zhang et al. (2014)



### FABIO GRAZI

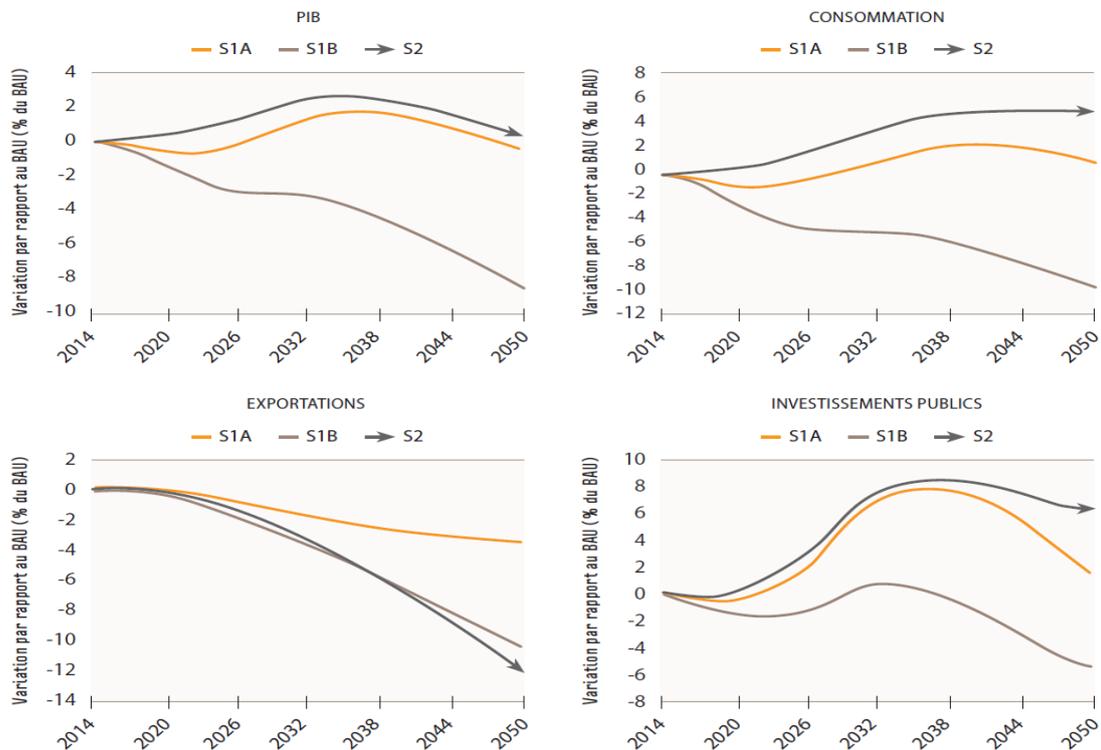
Economiste senior à l'AFD et Responsable du « Pôle Infrastructures » de l'agence de Hanoi, a conçu et piloté les projets de recherche résumés ici



### FRANÇOIS-XAVIER BELLOCCO

Economiste senior, Chef de projet « Energie » à l'AFD, pilote le projet Mexique décrit ici.

FIGURE 2 : VARIATION PAR RAPPORT AU BAU (EN % DU BAU) DES AGRÉGATS MACROÉCONOMIQUES AU MEXIQUE SELON DIFFÉRENTS SCÉNARIOS (S1A, S1B, S2) DE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE



Sources : Landa *et al.* (2015).

**-Aligner recherche, prise de décision et financements: les enseignements de l'approche AFD à la transition énergétique**

Les analyses ici présentées permettent de saisir la complexité des stratégies de transition énergétique visant la décarbonation de la croissance dans les économies émergentes. Les mesures proposées dans les stratégies nationales visent à modifier les comportements de consommation et d'investissement dans des contextes techno-économiques caractérisés par des fortes incertitudes. A l'aide des scénarios de transformation des systèmes énergétiques, les outils de modélisation sont un élément permettant d'éclairer la décision publique et d'en saisir les implications sur l'activité économique et les éventuels besoins de compensation.

Ainsi, le modèle ThreeME construit au Mexique sera prochainement déployé au sein du ministère mexicain de l'Énergie dans le cadre d'un programme visant à évaluer les implications de la politique de transition énergétique nationale. Les scénarios conçus dans le cadre du projet Chine ont « permis aux décideurs chinois de saisir les défis et les opportunités qui accompagneront la transition énergétique de la Chine », comme l'explique Prof. Zhang (Stauffer, 2015), ce qui pourrait (parmi d'autres sources) avoir guidé les décisions d'engagement formalisées dans l'accord sino-américain de novembre 2014 (Levi, 2014) et, par conséquent, dans les contributions volontaires (*Intended Nationaly Determined Contributions, INDC*) récemment annoncés par le gouvernement chinois dans la phase de préparation de la COP 21. ■

● RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES ●

Landa, G., F. Reynès, I. Islas, FX. Bellocq, and F. Grazi. 2015. "Double Dividend of Low-carbon Development in Mexico: A Dynamic General Equilibrium Assessment." *AFD Research papers series* (à paraître)

Levi, M. 2014. "Why the U.S.-China climate agreement is a big deal." *Washington Post* 12/11/2014. Washington, DC.

Schers, J., F. Gherzi, and F. Lecocq. 2015. "Economic and Policy Implications of Green Growth for South Africa". *AFD Research papers series* (à paraître)

Stauffer, N.W. 2015. "New Insights into Carbon Emissions in China." *MIT News* 18/06/2015, Cambridge, MA.

Zhang, X., V.J. Karplus, T. Qi, D. Zhang, and J. He. 2014. "Carbon Emissions in China: How Far can New Efforts Bend the Curve?" *MIT Joint Program Report Series* 267