

**Changements climatiques  
et stratégies de mitigation :  
Assistons-nous à une  
décarbonisation de l'économie mondiale ?**

**Morgan Rohel**

**No. 001  
2015|11**

CENTRE D'ÉTUDES  
ET DE RECHERCHES  
INTERNATIONALES



Université   
de Montréal

## **Changements climatiques et stratégies de mitigation : Assistons-nous à une décarbonisation de l'économie mondiale ?**

**Morgan Rohel<sup>1</sup>**

### **Résumé**

En juin 2015, les dirigeants des pays du G7 se sont engagés à décarboniser l'économie mondiale d'ici à la fin du siècle. La question se pose alors de savoir si une telle transition est d'ores et déjà observable, objet de réflexion de la présente étude. Celle-ci s'articule autour de trois angles d'approche - mix énergétique, évolutions politiques et transformations économiques - qu'elle analyse de manière systématique pour arriver à la conclusion que la décarbonisation des économies mondiales n'est pas encore à l'œuvre. Pourtant certains changements peuvent déjà être relevés. L'accent est dès lors mis sur la différenciation nécessaire devant être réalisée entre évolutions notables et transition généralisée. Pour conclure, cette analyse s'intéresse aux implications que les présentes stratégies de mitigations pourraient avoir sur le paysage économique et mondial d'ici à 2050.

### **Abstract**

At the beginning of June 2015, G7 countries leaders pledged to decarbonize the world economy by the end of the century. The present study aims to determine whether or not such a transition is already under way. Three broad lines of inquiry are systematically explored -- including changes in the energy mix, political dynamics and economic trends -- to reach the conclusion that the much-heralded transition toward decarbonization has yet to really start, even if a few changes can already be observed. An important distinction is thus made between an observable evolution and a broader transition. To conclude, this study investigates the implications of ongoing mitigation efforts for the 2050 economic and political landscape.

### **Citation**

Rohel, M. (2015). Changements climatiques et stratégies de mitigation : Assistons-nous à une décarbonisation de l'économie mondiale ? *Note d'analyse du CÉRIUM Policy Note No 001*. Centre d'études et de recherches internationales, Université de Montréal.

---

<sup>1</sup> Ingénieur (B.A. ; B.Eng. ; M.Sc.Eng), étudiant à la maîtrise en Science politique de l'Université de Montréal et membre de la délégation de l'Université de Sherbrooke à la COP21.

## Liste des abréviations utilisées

C&T system : Cap and Trade System

CDM : Clean Development Mechanism

COP21 : 21e Conference of the Parties

EnR : Energie(s) renouvelable(s)

EU ETS : European Union Emissions Trade System

G7 : Groupe des Sept

GES : gaz à effet de serre

INDC : Intended Nationally Determined Contributions

PDEM : pays développé à économie de marché

PED : pays en développement

RGGI : Regional Greenhouse Gas Initiative

tCO<sub>2</sub>eq : Tonne(s) de CO<sub>2</sub> équivalent

## Introduction

Le communiqué publié en clôture du dernier rassemblement du Groupe des Sept (G7) par les dirigeants des pays qui le composent aura été riche d'enseignements pour l'ensemble de la communauté participant à la lutte aux changements climatiques, voire pour tous les acteurs de la société civile. Il y est ainsi fait mention d'une volonté commune de « parvenir à long terme à une économie mondiale à faible émission de carbone » notamment en favorisant la transition énergétique par le développement de nouvelles technologies, mais également par la mise en place de stratégies nationales visant à réduire les émissions de carbone. Nombreuses sont les promesses qui accompagnent cette déclaration, avec, entre autres, une réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) de 40% à 70% en 2050 par rapport aux niveaux de 2010 et un réengagement à financer à hauteur de 100 G\$ par an le mécanisme du fond vert d'ici à 2020 (Affaires étrangères, Commerce et Développement Canada 2015, Clark et Wagstyl 2015).

Ce communiqué aura globalement été accueilli positivement, même si certaines voix s'élèvent pour dénoncer une nouvelle forme de rupture entre promesses et actions. La *European Climate Foundation*, collectif philanthropique visant le développement de politiques permettant la réduction des émissions européennes de GES, accueillait ainsi une « déclaration historique [annonçant] la fin de l'ère des énergies fossiles » (Le Point 2015). Greenpeace partage cette vision, relevant au passage la réussite d'Angela Merkel et de Barack Obama à ne plus laisser le Japon et le Canada bloquer l'avancement de la lutte au réchauffement planétaire (Greenpeace 2015). Le *World Resource Institute*, *think tank* américain spécialisé dans les questions environnementales, se félicitait pour sa part que les dirigeants du G7 se soient pour la première fois rangés derrière un objectif de décarbonisation de l'économie. Pour ce groupe de réflexion, cet objectif à long terme de décarbonisation de l'économie enverra un signal fort aux entreprises et

marchés financiers leur indiquant que les investissements les plus lucratifs viendront désormais des technologies à faible teneur en carbone (*World Resource Institute* 2015). Mais tous n'ont pas salué avec le même ravissement cette déclaration du G7. C'est ainsi le cas de l'*Union of Concerned Scientists* (UCS), groupe de défense à but non lucratif basé aux États-Unis. L'UCS a ainsi relevé, en marge des négociations sur le climat à Bonn, que si les pays du G7 avaient formulé des objectifs de décarbonisation pour l'ensemble de l'économie mondiale, cela ne se traduisait pas par des engagements concrets (**Union of Concerned Scientists** 2015 ; Le Point 2015).

Comme ces discours en témoignent, cet engagement des pays du G7 à promouvoir l'établissement d'une économie décarbonée aura majoritairement été bien reçu par les différents acteurs prenant part au débat. Alors que certains considèrent même que la transition a d'ores et déjà été engagée, c'est toutefois dans la continuité de la réflexion de l'UCS que s'établira cette présente étude. Dans la très célèbre revue d'économie *Bloomberg Business*, Tom Randall (2015) écrivait ainsi que « The world is now adding more capacity for renewable power each year than coal, natural gas, and oil combined ». Comme expliqué par Brad Plumer (2015), cette argumentation se basait toutefois sur une mauvaise compréhension tant du concept fondamental d'énergie que de celui de production électrique. En effet, les statistiques de *Bloomberg* ne comparaient que les productions thermiques fossiles et renouvelables d'électricité. Or, comme nous y reviendrons par la suite, si l'électricité consiste bien un état de l'énergie, elle n'en représente qu'une forme non majoritaire. Par ailleurs, ce raisonnement repose sur la comparaison immédiate des puissances installées, entre productions d'électricité renouvelable et thermique fossile. Or, le rapport entre ces puissances et la production électrique qui en découle s'avère nettement plus faible dans le premier cas que dans le second. Nous reviendrons également sur le caractère spécieux d'une approche basée sur les valeurs en puissance installée plus avant dans notre analyse.

Si l'analyse de Tom Randall s'avère donc totalement fautive, malgré l'écho important qui lui est toujours accordé, les analyses d'autres auteurs supportant la thèse d'une transition déjà engagée pourraient plutôt être taxées d'optimisme excessif. L'ampleur d'une décarbonisation de l'économie mondiale reste pourtant gigantesque. Les énergies fossiles (charbon, gaz, pétrole) représentaient en 2012, 81% de la consommation énergétique primaire mondiale (IEA 2014a, 57). Les émissions de GES imputables à cette demande en énergie 31.6 Gt, pour 50.1 GtCO<sub>2e</sub> d'émissions totales estimées cette même année (IEA 2014a, 93 ; UNEP 2012, 1). La part de la production énergétique dans le mix carbone mondial reste donc prodigieuse alors que la demande en énergie va croissante. Pour l'IEA, l'évolution annuelle devrait être de +1.1% sur la période 2012-2040 soit une augmentation totale de 27% de la consommation mondiale (IEA 2014b, 64). L'Agence estime par ailleurs que la part des combustibles fossiles dans la demande énergétique internationale serait alors de 59% à 80% selon les scénarios (IEA 2014a, 56). Puisque la consommation primaire totale devrait avoir entre-temps augmenté de plus d'un quart, comme nous l'avons exposé, la quantité d'énergies fossiles brûlées resterait donc relativement semblable, puisqu'elle ne serait réduite que de 16% au maximum.

La question se pose alors de savoir si les prévisions de l'IEA peuvent être considérées comme valables au vu des transformations actuelles, ou si comme certains l'avancent, la transition vers une économie décarbonnée a déjà été enclenchée. Nous nous intéresserons ainsi à deux problématiques. La première, qui concentrera la majeure partie de notre analyse, consistera à déterminer si une décarbonisation de l'économie mondiale est actuellement à l'oeuvre. Dans un second temps, et dans une forme d'anticipation, nous réfléchirons sur ce que les efforts mondiaux de lutte aux changements climatiques impliqueront en termes de changement dans l'espace politique et économique mondial d'ici à 2050. Pour réaliser cette analyse, nous nous baserons sur la littérature portant sur les bouquets énergétiques, les dynamiques politiques, ainsi que sur l'évolution des

marchés économiques. Nous incluons également les perspectives offertes lors de l'école d'été sur les changements climatiques tenue au Centre d'études et de recherches internationales de Montréal (CÉRIUM) en juin 2015.

## Un mix énergétique mondial en transformation

Nous traiterons dans cette première partie des avancées technologiques permettant d'intensifier la transition vers une économie décarbonnée, et surtout de la place croissante accordée aux énergies renouvelables (EnR). À noter que ne seront pas abordées dans cette section les évolutions des investissements dans ce type d'énergie, problématique qui sera examinée quand nous traiterons des aspects financiers.

Les secteurs EnR se caractérisent premièrement par une baisse généralisée du coût du mégawatt produit, principalement due aux améliorations et innovations technologiques entourant ces formes de production énergétique. Cette évolution est particulièrement notable pour ce qui est de l'électricité photovoltaïque dont le coût moyen actualisé (LCOE) a été divisé par deux sur la seule période 2010 -2014 (IRENA 2015, 75). Cette évolution se retrouve également si l'on s'intéresse au coût des batteries, composant essentiel du modèle EnR. En effet, le besoin d'avoir accès à l'énergie se couple à celui d'y avoir accès lorsqu'on le nécessite, comme le montre très adéquatement l'exemple de la marine à voile et sa dépendance à une énergie éolienne fort intermittente. La diffusion des énergies renouvelables comme mode de production énergétique nécessite que l'accès aux batteries, permettant le stockage de l'électricité, soit plus démocratisé. Or, nous constatons que le prix des batteries a grandement diminué au cours des dernières années (Woynillowicz 2015), évolution qui devrait notamment se maintenir grâce à la politique commerciale engagé par l'entreprise Tesla. Cette baisse du coût du mégawattheure n'est pas notable pour toutes les EnR électriques, avec parfois

même des augmentations. Toutefois, leur compétitivité s'est accrue du fait d'une élévation encore plus notable des coûts de la production fossile et donc d'une diminution des bénéfices dont elle est à l'origine (World Energy Council 2013). En effet, les réserves pétrolifères étant toujours plus difficiles à atteindre, cela se traduit par une augmentation du coût de revient de la production électrique basée sur l'utilisation de ces sources énergétiques. Cette amélioration de la compétitivité des EnR est généralisée et ne s'arrête pas à la seule électricité (Séguin 2015 ; HSBC Global Research 2015), même si nous relèverons que les analyses traitant de cette problématique ont parfois tendance à confondre énergie et électricité, la seconde n'étant pourtant qu'une forme de la première. En conclusion, si les EnR électriques ont toujours un prix au mégawattheure supérieur, comme l'indique le graphique 1 (IEA 2015a), l'ensemble des EnR devrait devenir entièrement compétitif avec les énergies fossiles au cours des prochaines années (Woynillowicz 2015 ; UNEP et Bloomberg New Energy Finance 2011, 12).

L'amélioration de l'offre EnR est également notable lorsqu'on s'intéresse à la puissance installée. Entre 2004 et 2014, l'ensemble de la production électrique issue des énergies renouvelables non hydrauliques est passé de 85 à 657GW ; et de 800 à 1712 GW en incluant l'hydroélectrique (REN21 2015). Ce serait ainsi 83 GW de puissance EnR électrique qui aurait été ajoutée l'année dernière (*The PEW Charitable Trusts* 2014) dans la continuité de la croissance démarrée depuis déjà longtemps, mais en nette augmentation par rapport aux années précédentes (BNEF, Frankfurt School et UNEP 2015). À titre d'exemple, le plus grand projet éolien offshore, le *London Array*, a été complété au cours de l'année 2013 (*The PEW Charitable Trusts* 2014). De même, en 2014, le record mondial de 2012 a été battu, puisque ce sont près de 51 GW de capacité éolienne qui ont été ajoutés aux réseaux (Nolet 2015), soit près de 3 éoliennes par heure (Woynillowicz 2015). Ainsi, les EnR (grandes centrales hydroélectriques non incluses) représentaient 48% des nouvelles capacités électriques ajoutées mondialement en 2014. Cette même année, la puissance électrique EnR est ainsi passée à 15.2% de la capacité

totale installée, par rapport à 13.8% en 2013, évolution dans la continuité des années précédentes (cf. graphique 2, BNEF, *Frankfurt School* et UNEP 2015). Ces données sont toutefois à prendre avec un certain recul puisqu'elles se basent sur les puissances installées. Or, elles correspondent à celles maximales, valables dans le cas des énergies renouvelables sous certaines conditions d'ensoleillement et de température (U.S. *Energy Information Administration* 2015), c'est ce que l'on appelle la puissance nominale (Avenir Solaire 2015) ou puissance crête (Muller 2015). La puissance moyenne qui sera fournie par toute installation électrique sera alors inférieure à la puissance maximale, le ratio entre les deux étant dénommé facteur de charge. Or, ce facteur s'avère nettement plus bas dans le cas d'une production d'électricité renouvelable que dans celui d'une génération nucléaire ou fossile (Connaissance des Énergies 2012). Ainsi, la proportion mondiale d'électricité produite à partir d'EnR, n'aurait été que de 9.1% en 2014, en augmentation de 06 points par rapport à 2013 (BNEF, *Frankfurt School* et UNEP 2015). Ce raisonnement sur l'importance prise par les EnR est également biaisé de par le fait qu'il ne prend en compte que les productions d'électricité. Or, si l'électricité consiste bien un état de l'énergie elle n'en est qu'une forme, responsable avec la production de chaleur de 42% des émissions mondiales de CO2 en 2012 (IEA 2014a, 10).

Ainsi, en considérant l'ensemble des formes de productions énergétiques, nous relevons principalement que les énergies renouvelables représentaient en 2013 plus de 19% de la consommation énergétique finale mondiale (REN21 2015). La croissance de la part des EnR dans le mix énergétique mondial reste toutefois relativement faible. BNEF, *Frankfurt School* et UNEP (2015) estiment ainsi que, pour la seule production électrique, il faudra attendre 2030 pour que les EnR représentent 20% de la production mondiale (en excluant la grande hydroélectricité). HSBC (2015) reste plus optimiste quant à cette évolution puisqu'elle considère que la réponse qui sera apportée pour répondre à la croissance de la demande énergétique, évaluée par l'IEA à +50% entre 2012 et

2040, viendra en partie d'une dynamique forte axée sur le changement dans le mix énergétique.

Si les énergies renouvelables sont donc devenues un courant dominant et qu'il n'est dès lors plus possible de parler de ressources alternatives (Nolet 2015), il est également impossible d'affirmer que la production énergétique est désormais décarbonée. En effet, même si les puissances EnR sont en augmentation continue, elles ne représentent qu'un cinquième de la consommation énergétique finale. Par ailleurs, la consommation énergétique mondiale moyenne par habitant étant en croissance (*World Bank 2015a*), tout comme la démographie globale, la quantité d'énergie absolue produite à partir de ressources fossiles est loin de se réduire. Autre point important à souligner, une production électrique renouvelable ne signifie pas une absence d'émissions de GES, d'où l'intérêt de prendre en compte l'ensemble du cycle de vie de l'installation. Comme le montre le graphique 3 (Mousseau 2015), toutes les formes de génération électriques sont à la source d'émissions, même si ces dernières sont bien moindres dans le cas d'EnR.

En conclusion, et sans nous appesantir sur les raisons à l'origine de la situation actuelle (problème du stockage pour l'électricité (Mousseau 2015), volonté politique de favoriser les entreprises locales (Houle 2015), etc.), nous avons montré qu'il n'est actuellement pas possible de parler de transition dans la production énergétique. En effet, si les EnR sont bien devenues l'une des formes énergétiques principales, et qu'elles sont chaque année plus représentées dans le mix énergétique mondiale, elles restent bien loin d'égaliser en importance les carburants fossiles.

## Un schisme entre politiques locales et internationales

De nombreux facteurs et évolutions politiques, qu'ils soient favorables ou au contraire s'opposent à une transition vers une économie mondiale décarbonnée, peuvent être relevés. Premièrement, en ce qui a trait au régime international, nous notons que celui-ci ne cherche plus à imposer des objectifs, mais se base désormais sur des contributions volontaires, sans garantie d'intégrité. Les États sont ainsi invités à publier leur contribution nationale (*Intended Nationally Determined Contributions*, INDC) avant la 21<sup>e</sup> Conférence des Parties qui se tiendra à Paris à la fin de l'année 2015. Celles-ci ont normalement pour but de répondre aux objectifs de réduction de 40% à 70% d'ici à 2050 établis lors de la Conférence de Lima, mais également au besoin de financer le Fonds vert pour le Climat (Chaloux 2015). Toutefois, il s'avère qu'au sein des négociations internationales, nombreux sont les États qui désirent mettre l'accent sur l'adaptation et pas tant sur la mitigation (Jacovella 2015). Ainsi, les contributions avancées par les différents pays pour Paris 2015 permettraient de limiter à 2,7°C l'élévation des températures mondiales par rapport aux niveaux préindustriels (*Climate Action Tracker* 2015). Or, l'objectif mondial reste de ne pas dépasser les +2°C, voire même +1,5°C suivant les scénarios (UNDP 2012).

Au niveau national, nous notons que les 20 dernières années ont vu l'émergence de politiques visant à lutter contre les changements climatiques, en particulier au cours de la dernière décennie (cf. graphique 4, HSBC 2015). Nous relevons également que les nations peuvent être rangées au sein de trois catégories. L'Union européenne (UE) est représentative de la première de ces trois familles, à savoir celle des « États » grandement engagés dans la lutte aux changements climatiques. Ainsi, « L'UE s'est engagée sur la voie d'une économie pauvre en carbone et économe en énergie » (Scarpa de Masellis 2015) et s'est donnée des objectifs à court (3x20 en 2020), moyen (-40% d'émissions de GES ; minimum de 27% d'énergies renouvelables ; réduction de 27% de la consommation

énergétique en 2030) ; et long terme (réductions de 80% à 95% de ses émissions de GES en 2050 par rapport à 1990). Nous considérons ces buts comme ambitieux, même s'ils auraient pu l'être plus encore. Par ailleurs, l'UE a été la première région à adopter une législation contraignante visant à garantir la réalisation de ses objectifs (Scarpa de Masellis 2015). En nous basant sur ses éléments, nous pouvons affirmer que l'UE apparaît comme ayant bien engagé sa transition vers la décarbonisation, tout du moins au niveau des engagements politiques.

La seconde catégorie regroupe l'ensemble des États qui ne mènent pas la transition, mais qui font des efforts en ce sens. Il s'agit là du cas de la Chine et des États-Unis. Alors que la Chine est devenue le premier producteur mondial d'EnR (Xiaoying 2015) et héberge le second plus grand marché du carbone au monde (*World Bank* 2014a), elle s'est donné comme objectif de mitigation d'atteindre son pic d'émissions en 2030 et de faire passer à 20% la part d'EnR dans sa production énergétique (Roger 2015). Les États-Unis, qui ont longtemps refusé de considérer la lutte aux changements climatiques comme un enjeu primordial, se sont finalement donné récemment comme objectif de réduire leurs émissions de GES de 26% à 28% en 2025 par rapport à 2005. Cet engagement, qui reste somme toute peu ambitieux, indique idéalement que si la transition vers une décarbonisation de l'économie est pour le moment loin d'être engagée politiquement, une certaine évolution en ce sens reste néanmoins notable.

La dernière catégorie est celle des États faisant le moins d'efforts pour engager la transition énergétique et qui se complaisent dans le *statu quo*. C'est le cas du Canada. Celui-ci s'était ainsi engagé lors du Protocole de Kyoto à réduire ses émissions de GES de 6% par rapport aux niveaux de 1990, avant finalement de se retirer du traité en 2011 et voir finalement ses émissions augmenter de 18.2% entre 1990 et 2012 (Leblanc 2015). De même, l'actuel Premier ministre, Stephen Harper, s'est engagé à ce que le Canada réduise ses GES de 17% entre 2005 et 2020 alors que cette diminution devrait finalement n'être que de 1.2% (Dion

2015). Le Commissaire à l'environnement et au développement durable du Canada constate ainsi que, non seulement les mesures choisies par les gouvernements fédéraux pour réduire les émissions nationales ne sont pas suffisantes, mais qu'en plus les échéanciers portant sur la mise en oeuvre de ces mesures ne sont pas respectés. Il conclut ainsi que « deux ans plus tard, tout indique que la hausse des émissions ne pourra pas être inversée à temps et que la cible ne sera pas atteinte » (Commissaire à l'environnement et au développement durable du Canada 2015), comme nous l'avons évoqué préalablement. Cette politique ouvertement conservatrice et visant à défendre l'industrie pétrolière canadienne, et en particulier albertaine, peut en partie s'expliquer par un facteur électoraliste important. En effet, s'il existe une demande des Canadiens pour une prise de leadership de leur pays en matière d'action politique sur les changements climatiques, ces mêmes Canadiens ne prennent que peu en compte cette problématique dans leurs choix électoraux (Lachapelle 2015). Il est toutefois possible de nuancer quelque peu ce constat en se basant sur les actions provinciales. Ainsi, ce sont environ 1000 instruments différents qui ont été utilisés par les provinces canadiennes pour lutter contre les changements climatiques au cours de 20 dernières années (Houle 2015). Nombreux sont ainsi les exemples illustrant l'action des provinces (marché du carbone Québec-Californie, fermeture des centrales au charbon en Ontario, stratégie énergétique québécoise 2006-2015, etc.) qui relativisent l'absence de soutien du Canada aux énergies renouvelables (Nolet 2015).

La transition vers une économie décarbonée se fait donc de plus en plus présente dans le discours politique, avec parfois même des effets d'ores et déjà notables (Séguin 2012). Cette volonté exprimée par les représentants politiques de lutter contre les changements climatiques ne se retrouve toutefois pas de manière systématique dans les engagements quantitatifs qu'ils prennent, ni dans les mesures qu'ils mettent en place. Néanmoins, dans certains cas, comme au Canada, cet immobilisme politique national peut être atténué par les actions

entreprises au niveau infranational. Il s'agit de la position défendue par Houle, Lachapelle et Rabe (2014, 241) :

As global GHG emissions continue to rise, the schism that now exists between scientists calls for rapid mitigations and the apparent inability of many national governments to respond is increasingly salient. [...] In both Canada and the United States, federal governments have so far proven unable to move beyond modest efforts to reduce emissions [. ] In contrast, sub-federal entities have been relatively more successful in implementing comprehensive regulations (including a price) on carbon.

Les engagements nationaux sont généralement le fait des administrations centrales des États, qui peuvent, si elles le souhaitent, les établir de manière unilatérale sans concertations avec les autres niveaux de gouvernement. Pourtant, les gouvernements infranationaux se retrouvent parfois responsables de l'opérationnalisation des promesses engagées, voire, comme dans le cas du Canada, s'avèrent les plus actifs en matière de lutte aux changements climatiques.

### **Une économie en évolution... mais pas en transition**

Nous avons préalablement tenté de déterminer s'il était possible de considérer qu'une transition était observable tant d'un point de vue absolu, i.e. dans un passage d'une utilisation intensive des énergies fossiles à un mix énergétique renouvelable, que politique. Dans le premier cas, nous avons conclu que si les EnR étaient de plus en plus présentes au niveau mondial, elles étaient encore largement dominées par les hydrocarbures. Pour ce qui est du politique, nous avons mis en avant que les discours politiques n'étaient que peu en accord avec celui alarmant des scientifiques et que les promesses engagées n'étaient que peu suivies par la mise en place de mesures concrètes. À l'exception de l'Union

européenne, dont les objectifs pourraient également être plus ambitieux, nous avons constaté qu'à défaut de se faire au niveau international ou national, l'action prenait plus place au niveau infranational. Nous allons dans cette section nous intéresser aux aspects économiques et financiers de la transition vers une décarbonisation, pour déterminer si oui ou non celle-ci peut être caractérisée.

D'un point de vue purement économique, nous allons tout d'abord montrer que les secteurs de la transition énergétiques sont en pleine croissance. Ainsi, l'industrie des énergies renouvelables représente annuellement 250 G\$, ce qui en fait une composante importante de l'économie mondiale malgré les nombreuses entraves que ce secteur a subies dans les dernières années : crise économique ; larges changements dans les marchés de l'énergie ; incertitudes concernant les politiques sur les énergies propres et la lutte au changement climatique (*The PEW Charitable Trusts* 2014). Par ailleurs, comme nous avons pu le voir précédemment, les EnR sont de plus en plus compétitives par rapport aux énergies fossiles. Ce marché est également florissant au sein des pays émergents qui voient dans ces systèmes de production décentralisés une manière d'éviter le coût des grandes infrastructures de transport énergétique (*The PEW Charitable Trusts* 2014). Plus largement, le secteur des technologies propres est en pleine croissance (Labrie 2015) et il est ainsi estimé que l'éco-industrie sera le troisième secteur industriel en 2020 (Sinclair-Desgagné 2015). En effet, et à titre d'exemple, cette industrie représentait en 2013 près de 50 000 emplois directs au Canada, soit une augmentation de 21% par rapport à l'année précédente. Il est également prévu que le secteur des technologies propres soit à l'origine de 100 000 d'emplois directs en 2022. À titre de comparaison, les industries pétrolière et gazière représentaient en 2013 un peu plus de 130 000 emplois directs au Canada (Affaires étrangères, Commerce et Développement Canada 2014). Ainsi, si le marché des technologies propres ne peut être à l'heure actuelle défini comme un secteur majeur de l'économie mondiale, il semble en passe de le devenir. Cette

approche laisserait donc poindre une transition large vers une économie verte qui prendrait place dans un futur plus ou moins proche.

Après cette vision globale, nous allons cette fois nous intéresser aux marchés financiers et aux investissements caractérisant les industries décarbonées. Nous constatons tout d'abord que si les investissements dans les énergies renouvelables ont connu une forte augmentation au cours de la première décennie du 21<sup>e</sup> siècle, ils ont plutôt eu tendance à se maintenir depuis le début de la seconde (BNEF, *Frankfurt School and UNEP* 2015). Ainsi, ces financements ont connu une croissance annuelle de 36% entre 2004 et 2011 pour atteindre leur valeur record cette année-là (Séguin 2012). Toutefois, au cours des deux années suivantes la valeur de ces financements s'est réduite de 20% (*The Pew Charitable Trust* 2014). S'ils ont de nouveau augmenté en 2014, pour la première fois en 3 ans, leur valeur est toutefois restée inférieure à ce qu'elle était en 2011 (BNEF, *Frankfurt School and UNEP* 2015). Par ailleurs, nous relevons que l'origine de ces investissements s'est grandement diversifiée. Ainsi, en 2010, les pays en développement (PED) ont dépassé pour la première fois les pays développés (PDEM) en termes de nouveaux investissements dans les énergies renouvelables (Séguin 2015). La Chine est d'ailleurs désormais le marché *leader* pour ce qui de la finance des énergies propres (*The Pew Charitable Trust* 2014). Si ces données nous offrent un bon aperçu du marché financier des énergies renouvelables, un autre élément important doit être pris en considération pour jauger l'existence d'une transition, à savoir le rapport des investissements entre production énergétique fossile et renouvelable. Dans cette optique, nous relevons que les nouveaux financements dans les EnR électriques ont été inférieurs à ceux faits pour la production électrique à base d'hydrocarbures en 2014. Toutefois, les investissements dans les renouvelables (excluant la large hydroélectrique) ont dépassé ceux dans les fossiles en termes de nouveaux ajouts de capacités, i.e. sans prendre en compte le remplacement d'anciennes centrales, qui furent respectivement de 242.5 G\$ et 132 G\$ (BNEF, *Frankfurt School and UNEP* 2015). Bloomberg considère ainsi que

les renouvelables représenteront deux tiers des investissements dans les nouvelles centrales électriques sur les 25 prochaines années (Goossens 2015).

Cette évolution financière peut également s'observer dans les désinvestissements des gestionnaires de portefeuilles auprès des compagnies ayant une forte empreinte carbone. Au cours du dernier Sommet sur le Climat des Nations Unies, ce sont ainsi 100 G\$ que les investisseurs ont promis de déplacer des stocks fossiles vers l'énergie fossile (Woynillowicz 2015). Ritchie et Dowlatabadi du *Pacific Institute for Climate Solutions* estiment qu'entre octobre 2012 et septembre 2014, ce sont près de 50 G\$ que les investisseurs se sont engagés à désinvestir des énergies fossiles. A ce jour, ces engagements pourraient représenter jusqu'à 5 G\$ désinvestis des hydrocarbures (Ritchie et Dowlatabadi 2015). Ce sont les mêmes principes qui animent les signataires des Principes pour l'Investissement responsable (PRI), 1383 investisseurs dont les portefeuilles sont valorisés à hauteur de 59 000 G\$. Les objectifs de ces propriétaires d'actifs, gestionnaires de placements et autres partenaires, sont la réduction de l'empreinte carbone de leurs portefeuilles et la contribution à la transition vers des économies et sociétés décarbonées (PRI 2015 ; Meloche 2015). La volonté de certains gestionnaires de portefeuilles de désinvestir dans les hydrocarbures n'est pas seulement idéologique. Celle-ci peut également être motivée par le principe de droits d'actifs délaissés (« stranded assets » en anglais). Or, le risque que les actifs détenus dans les énergies fossiles se transforment en « stranded assets » s'agrandit du fait de trois raisons principales : les régulations liées à la lutte aux changements climatiques ; des principes économiques (chute des cours du pétrole, etc.) ; les innovations dans le marché de l'énergie (efficacité énergétique, technologies des énergies renouvelables, etc.) (Lockridge 2015 ; HSBC Global Research 2015). Les gestionnaires prêts à se retirer des énergies fossiles sont toutefois loin d'être présentement une majorité. En effet, l'hypothèse des « stranded assets » se base sur le principe d'une adoption quasi générale du budget carbone limitant le réchauffement à 2°C. Or, ce point est encore bien loin

d'être universellement adopté. Ainsi, les gestionnaires qui ne s'engagent pas dans la voie du désinvestissement ne croient pas qu'un tel budget sera adopté. Au contraire, ils considèrent que ce sont les avancées technologiques qui permettront de résoudre la problématique du carbone au cours des 40 prochaines années, et encore seulement dans le cas où le défi du changement climatique serait véritablement traité (Lockridge 2015).

Alors que la capitalisation du marché des énergies renouvelables représentait en 2014 à peine plus d'un quart de celles des marchés du pétrole et du gaz réunis (Ritchie et Dowlatabadi 2015), nous notons toutefois des mouvements d'investissements et désinvestissements qui semblent laisser poindre une forme de transition financière. Ces transformations restent toutefois pour le moment marginales et il est par conséquent plus juste de parler d'évolutions que de véritable transition.

Nous allons maintenant nous concentrer sur les mécanismes économiques mis en place pour lutter contre les changements climatiques et en particulier pour mitiger les émissions de GES. Ces taxes pigouviennes, visant à l'internalisation des coûts économiques et sociétaux du carbone, prennent généralement deux formes : une taxe, qui impose un prix, ou un marché du carbone, qui limite les émissions. Ces mécanismes s'avèrent d'autant plus importants que ce sont là les instruments privilégiés par les économistes (Sinclair-Desgagné 2015). En contrepartie, et comme nous l'avons vu, les autres instruments de politique publique que sont la commande et contrôle (« Command & Control » en anglais) et les instruments juridico-institutionnels sont très loin de se développer. Il s'avère donc très important, dans l'optique d'identifier l'existence ou non d'une transition, de déterminer si les seuls outils mécaniques d'origine politique s'institutionnalisent ou restent au contraire marginaux.

L'imposition d'un prix sur le carbone devient la nouvelle norme et s'avère de plus en plus adoptée par différentes juridictions à travers le monde (Woynillowicz

2015), comme l'indique le graphique 6, rencontrant même le soutien de la banque mondiale (*World Bank* 2014a). Un ensemble de marchés du carbone (« Cap & Trade System » ou « C&T system » en anglais) supranationaux (tel celui de l'Union européenne, l'EU ETS), nationaux (comme celui de la Nouvelle-Zélande), et infranationaux (exemple du marché Québec-Californie) a ainsi fait son apparition depuis 2005. De plus, la volonté reste forte au niveau international pour le développement de nouveaux marchés du carbone domestiques ou bilatéraux comme le montrent les très nombreux exemples, tels le Chili, la Turquie ou la Corée du Sud (Redmond et Convery 2014). Ainsi, sur la seule année 2013, huit nouveaux « C&T system » ont vu le jour. La Chine héberge d'ailleurs désormais le second plus grand marché (équivalent à 1.1 million de tonnes de CO<sub>2</sub>, MtCO<sub>2</sub>eq) après celui de l'UE (2 MtCO<sub>2</sub>eq). Au total, l'ensemble des « C&T systems » étaient évalués à 30 G\$ en 2014 (*World bank* 2014a). La question se pose alors de savoir si ces marchés du carbone fonctionnent. Si l'on s'intéresse au premier de ces « C&T system », celui de l'Union européenne, le constat est plutôt négatif puisque les prix à la tonne de CO<sub>2</sub> équivalent restent inférieurs à 10\$. Il en va de même pour le mécanisme de développement propre (*Clean Development Mechanism* ou CDM en anglais), établi sous le protocole de Kyoto et dont les prix sont désormais proches de 0\$ (Purdon 2015 ; Purdon et Sinclair-Desgagné 2015). Cette valeur quasi nulle du carbone sur ces deux marchés est le fruit d'une offre de crédits carbone préétablie conjuguée à une baisse de la demande résultant de la crise économique débutée en 2008 (Redmond et Convery 2014). Il est toutefois à noter que l'UE a récemment intégré à son marché l'ensemble des compagnies aériennes opérant depuis ou vers son territoire (Bernauer 2013) et que les prix de l'EU ETS sont en pleine augmentation (Sullivan 2015) ce qui pourrait laisser présager de meilleurs augures. D'autres marchés présentent des résultats plus probants. Ainsi, le « C&T system » entre le Québec et la Californie maintient des prix un tant soit peu plus élevés (cf. graphique 5, Purdon 2015) qui permettront normalement à la province québécoise de dégager 3.3 G\$ pour son Fond vert entre 2013 et 2020.

Toutefois, ce marché n'a pas encore réussi à faire réduire les émissions des deux états fédérés même s'il est possible de noter une diminution de l'intensité carbone, néanmoins pas forcément imputable au « C&T system » (Benoit 2015). Ce marché en reste encore à ses débuts et devrait continuer à s'agrandir, notamment avec l'intégration prochaine de l'Ontario. Toutefois, il s'avère que les prix très bas nuisent à l'action de ces marchés puisque les coûts marginaux qu'ils impliquent ne motivent que très peu à la mitigation des émissions (Sullivan 2015, Martell et De Souza 2015). Dernier marché que nous analyserons, le « Regional Greenhouse Gas Initiative » (RGGI), vise à réduire les émissions des centrales thermiques à combustibles fossiles de plus de 25 MW de neuf États américains. Lancé en 2008, le RGGI a permis une réduction massive de ce secteur dans les États concernés puisque les émissions de ces centrales ont baissé de 28% entre 2009 et 2014. De plus ce marché a permis de dégager plus de 2 G\$ des ventes aux enchères (IETA 2015). En parallèle du développement des marchés, le recours à une taxe sur le carbone s'étend également (cf. graphique 6). Ainsi, de nouveaux impôts ont été introduits, par exemple au Mexique ou en France en 2014 (Balderas Torres 2014 ; Conesa et Feitz 2014). Une autre forme de taxe est également à l'étude, une « Border tax adjustment », dont le projet pilote est actuellement implanté en Californie. Comme son nom l'indique, il s'agit d'une barrière tarifaire qui visera à protéger la compétitivité des entreprises californiennes, soumises au marché conjoint avec le Québec, en taxant les produits importés d'entreprises ne subissant pas les mêmes règles (Benoit 2015).

La part des émissions de GES couvertes par des initiatives domestiques visant à imposer un prix au carbone a donc grandement augmenté au cours des dernières années. Ainsi, comme le relève la banque mondiale :

Today, 39 national and 23 sub-national jurisdictions – responsible for almost a quarter of the global greenhouse gas emissions – have implemented or are scheduled to implement carbon pricing instruments,

including emissions trading schemes and taxes, building the momentum for a bottom-up approach to climate action (*World Bank 2014a*).

La tarification du carbone apparaît donc en constante augmentation et les deux plus grands émetteurs, la Chine et les États-Unis abritent désormais des instruments de tarification du carbone opérant à des niveaux infranationaux (*World Bank 2014b*). Ces initiatives indiquent également que si les négociations internationales peuvent s'avérer lentes, les pays, provinces et villes s'activent pour mettre un prix sur le carbone. Toutefois, selon l'IEA : « around 11% of global energy-related CO<sub>2</sub> emissions arise in areas that operate a carbon market (where the average price is \$7 per tonne of CO<sub>2</sub>), while 13% of energy-related CO<sub>2</sub> emissions arise in markets with fossil-fuel consumption subsidies (an incentive equivalent to \$115 per tonne of CO<sub>2</sub>, on average) (2015b, 11) ». Les prix du carbone sont donc trop peu répandus et trop faibles. Ainsi, dans l'Union européenne, le tarif est d'environ 8\$ alors qu'il devrait être de 53\$ pour répondre aux objectifs. En contraste, les contributions publiques aux seules énergies fossiles seront cette année de 5 300 G\$, coûts des externalités inclus (*Gupta et Keen 2015*). Nous pouvons donc conclure que, si les mécanismes actuellement en place ou dont la mise en œuvre se fera très prochainement semblent annoncer les prémises d'une transition économique vers la décarbonisation, cette dernière semble encore bien lointaine.

Ainsi les analyses respectives des mécanismes économiques, des aspects financiers et de l'économie en générale se conjuguent pour former un constat conjoint, semblable à ceux établis à la suite de nos observations sur les aspects politique et technique. La transition vers une économie mondiale décarbonée n'est actuellement pas observable, malgré quelques évolutions à la marge.

## Conclusion

Comme nous l'avons montré, il ne semble pas possible de pouvoir parler actuellement de transition, même si des changements apparaissent clairement à l'œuvre. En effet, si l'intensité carbone due à la consommation énergétique de la production économique est en baisse constante, celle par habitant et les émissions totales continuent, elles, de croître (*World Bank 2015b ; The Shift Project Data Portal 2015a ; 2015b*). Nous pourrions donc parler de prémisses plutôt que d'une transition déjà à l'œuvre. Nous rejoignons en ce sens les propos tenus par les analystes de Lloyd's (2010, 4) qui mettent l'accent sur une transition future et non pas actuelle: « Energy security and climate change concerns are unleashing a wave of policy initiatives and investments around the world that will fundamentally alter the way that we manage and use energy ».

Pour conclure cette analyse, nous nous baserons sur la seconde problématique que nous énoncions en introduction, à savoir tenter de déterminer les changements que les efforts de mitigation des émissions de GES impliqueront dans l'espace économique et politique mondial d'ici à 2050. Or, si l'on s'en tient aux études modernes, il ne faudrait pas s'attendre à de grands changements en la matière. Ainsi, l'IEA considère qu'en 2040, les énergies fossiles représenteront toujours les trois quarts de la demande mondiale en énergie primaire (IEA 2014b, 57), qui aura par ailleurs augmenté de 39% (IEA 2014b, 64). Par conséquent, dans le cas d'un maintien du cap actuellement suivi les émissions de CO<sub>2</sub> sont appelées à augmenter, tout comme la part des énergies fossiles (IPCC 2014 ; IEA 2014b, 88), même si l'intensité carbone par habitant serait, elle, amenée à décroître (IEA 2014b, 93). Les niveaux d'émissions liés à la consommation énergétique devraient donc être supérieurs en 2050 à ceux qu'ils sont actuellement. Il semblerait, par ailleurs, que le sommet de la courbe de ces mêmes émissions devrait avoir lieu aux alentours de 2040 et c'est donc à cette époque qu'elles commenceront à s'infléchir (Bahn 2015). Cette donnée est corroborée par les études du GIEC,

même si, selon ses modèles les plus pessimistes, ce fléchissement pourrait n'avoir lieu qu'aux environs de 2080, voire pas avant la fin du siècle (IPCC 2014, 9). Nous considérons toutefois que les premiers modèles apparaissent comme plus plausibles au vu de l'ensemble des évolutions actuelles que nous avons décrites au long de cette analyse. Nous pouvons donc déduire que la transition dans l'économie politique devrait survenir avant 2040, si l'inflexion des émissions devait avoir lieu à cette date. Nombreux sont en effet les éléments qui le laissent présager. Ainsi, alors que le système international semble en totale paralysie et que peu d'attentes peuvent être gardées de Paris 2015, les initiatives infranationales semblent se développer un peu partout sur la planète. S'inscrivant dans des contextes multiples, elles prennent des formes tout aussi variées. Mais que ce soit par un marché du carbone, une taxe, un soutien aux énergies renouvelables ou encore par la sobriété énergétique, ces politiques semblent toutes poindre vers la même direction : la décarbonisation, à terme, de l'économie mondiale. Nous nous associons donc à la déclaration des représentants des pays du G7 en ce que nous croyons également que la fin du siècle sera l'hôte d'une économie sobre en carbone. Un peu partout à travers le monde, les bases de cette transition sont en train d'être posées. Il est certain que la somme des INDC présentés par les États participant à la COP21 sera loin d'être suffisante pour assurer une lutte efficace aux changements climatiques. Nous considérons toutefois, comme Jacovella (2015), que ces négociations pourront servir à poser l'architecture d'un système international plus efficace. Il s'agit là de la première étape, et certainement de la plus difficile. Une fois que les États se seront entendus sur un mode de fonctionnement, il est largement envisageable que les actions s'amplifient et s'accélèrent grandement. Il serait difficilement concevable que les financiers et gestionnaires investissent dans des grands projets riches en carbone dans un contexte où l'évolution des législations et mécanismes économiques laisserait à penser que ces investissements pourraient se révéler peu profitables, voire toxiques. Le rejet du projet Keystone XL par l'administration

Obama au début du mois de novembre 2015 est un parfait exemple de ces grands projets d'hydrocarbures dont le retour sur investissement s'avère compromis. Cette accélération des désinvestissements dans le pétrole pourrait par ailleurs se faire à une vitesse bien plus rapide que ce qui est actuellement considéré. En effet, comme l'a si bien montré la crise financière de 2008, il suffirait de quelques investisseurs se détachant des produits pétroliers pour entraîner tout le système financier avec eux. Dans un tel cas, celui de l'explosion de la bulle du carbone, si bulle il y a bien, la transition pourrait avoir lieu bien avant 2040. Elle pourrait être renforcée par la raréfaction des ressources qui est, elle, un argument prépondérant du mouvement de la croissance que nous n'avons pas traité ici. Il reste toutefois impossible de prédire les conditions de l'économie politique mondiale dans de tels cas. En effet, s'ils laissaient penser à une décarbonisation massive, celle-ci ne pourrait avoir lieu que dans un contexte économique viable, toujours en prenant comme acquis que serait maintenu l'actuel paradigme de la croissance économique. Le report vers des industries et techniques propres nécessiterait des investissements massifs qui ne seraient aucunement possibles en cas de conditions économiques moribondes.

En conclusion, nous considérons donc comme très probables les scénarios actuellement développés donnant la transition vers la décarbonisation comme survenant aux alentours de 2040. Nous démontrons cependant, qu'à ce jour, cette révolution reste largement à mettre en oeuvre, malgré quelques évolutions marginales. Nous élevons toutefois la possibilité d'une transition bien plus rapide, et donc bien plus brutale, qui serait consécutive d'un éclatement de la bulle du carbone. Dans le cas où l'économie ne serait pas mise à terre dans son ensemble, tel un colosse aux pieds d'argile fondé sur les industries fossiles, un tel événement pourrait déboucher rapidement sur des sociétés décarbonées. Toutefois les conséquences d'une pareille situation restent imprévisibles. Ne pas agir dans le présent signifie donc prendre le risque de se confronter à l'avenir à des événements brutaux, en termes économiques, sociétaux et bien sûr

environnementaux. Si nous considérons que le cap actuel devrait être maintenu d'ici à 2050, comme développé dans les modèles que nous avons exposés, nous gardons à l'esprit que, comme l'a si fameusement dit Kennedy (1962, 21) : « Those who make peaceful revolution impossible will make violent revolution inevitable ».

## Bibliographie

Affaires étrangères, Commerce et Développement Canada. 2014. « Fiche d'information : Secteur pétrolier et gazier ». En ligne. <http://international.gc.ca/global-markets-marches-mondiaux/sectors-secteurs/oil-petrole.aspx?lang=fra> (page consultée le 15 juillet 2015).

Affaires étrangères, Commerce et Développement Canada. 2015. *Déclaration des dirigeants Sommet du G-7 Allemagne*. Ottawa : Affaires étrangères, Commerce et Développement Canada.

Avenir Solaire. 2015. « Que signifie le terme « kilowatt crête » (kWc) ? » En ligne. <http://www.avenirsolaire.fr/fr/faq-glossaire/faq/technologie-et-fonctionnement/que-signifie-le-terme-kilowatt-crete-kwc.html> (page consultée le 2 juillet 2015).

Balderas Torres, Arturo. 2014. « El carbon tax y el mercado de carbono en México ». *Milenio*. En ligne. [http://www.milenio.com/firmas/arturo\\_balderas\\_torres/carbon-tax-mercado-carbono-Mexico\\_18\\_231756900.html](http://www.milenio.com/firmas/arturo_balderas_torres/carbon-tax-mercado-carbono-Mexico_18_231756900.html) (page consultée le 16 juillet 2015).

Bahn, Olivier. 2015. *Impacts of Adaptation on the Transition towards Clean Energy Systems: Insights from AD-MERGE* actes du séminaire « Changements climatiques: Bouleversements et transitions dans l'économie politique internationale » tenu dans le cadre de l'école d'été du CÉRIUM du 22 au 27 juin 2015). Montréal : Université de Montréal.

Benoit, Jean-Yves. 2015. *Quebec-California C&T Programs : the WCI Regional Carbon Market* (actes du séminaire « Changements climatiques: Bouleversements et transitions dans l'économie politique internationale » tenu dans le cadre de l'école d'été du CÉRIUM du 22 au 27 juin 2015). Montréal : Université de Montréal.

Bernauer, Thomas. 2013. « Climate change politics ». *Annual Review of Political Science* 16 : 421-48.

BNEF, Frankfurt School and UNEP. 2015. *Global Trends in Renewable Energy Investment 2015*. Francfort : Frankfurt School.

Chaloux, Annie. 2015. *Genèse des négociations climatiques internationales* (actes du séminaire « Changements climatiques: Bouleversements et transitions dans l'économie politique internationale » tenu dans le cadre de l'école d'été du CÉRIUM du 22 au 27 juin 2015). Montréal : Université de Montréal.

Clark et Wagstyl. 2015. « G7 leaders agree to phase out fossil fuels ». *Financial Times*. En ligne. <http://www.ft.com/cms/s/0/ec2c365a-0ddf-11e5-aa7b-00144feabdc0.html> (page consultée le 3 juillet 2015).

Climate Action Tracker. 2015. « Effect of current pledges and policies on global temperature ». En ligne. <http://climateactiontracker.org/global.html#footnote2> (page consultée le 12 novembre 2015).

Commissaire à l'environnement et au développement durable du Canada. 2014. *Rapport de la Commissaire à l'environnement et au développement durable. Chapitre 1 – L'atténuation des changements climatiques*. Ottawa : Bureau du vérificateur général du Canada.

Conesa, Elsa et Anne Feitz. 2014. « La « taxe carbone » entre en vigueur aujourd'hui ». *Les Echos*. En ligne. [http://www.lesechos.fr/01/04/2014/LesEchos/21659-074-ECH\\_la---taxe-carbone--entre-en-vigueur-aujourd-hui.htm#9dluslVU3aydIYZx.99](http://www.lesechos.fr/01/04/2014/LesEchos/21659-074-ECH_la---taxe-carbone--entre-en-vigueur-aujourd-hui.htm#9dluslVU3aydIYZx.99) (page consultée le 16 juillet 2015).

Connaissance des Énergies. 2012. « Qu'est-ce que le facteur de charge d'une unité de production électrique ? ». En ligne. <http://www.connaissancedesenergies.org/qu-est-ce-que-le-facteur-de-charge-d-une-unite-de-production-electrique-120305#notes> (page consultée le 2 juillet 2015).

Dion, Stéphane. 2015. *Un prix mondial du carbone, condition nécessaire à un accord international efficace sur le climat* actes du séminaire « Changements climatiques: Bouleversements et transitions dans l'économie politique internationale » tenu dans le cadre de l'école d'été du CERIU du 22 au 27 juin 2015). Montréal : Université de Montréal.

Étienne Leblanc. 2015. « Les 10 ans du protocole de Kyoto, quel bilan? ». *Radio Canada*. En ligne. <http://ici.radio-canada.ca/regions/montreal/2015/02/13/005-dix-ans-protocole-kyoto-changements-climatiques-bilan-echec.shtml> (page consultée le 14 juillet 2015).

Goossens, Ehren. 2015. « Renewables to Beat Fossil Fuels With \$3.7 Trillion Solar Boom ». *Bloomberg Business*. En ligne. <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-06-23/renewables-to-beat-fossil-fuels-with-3-7-trillion-solar-boom> (page consultée le 15 juillet 2015).

Greenpeace. 2015. *Greenpeace Responds to Climate Progress at Today's G7 Meeting*. En ligne. <http://www.greenpeace.org/usa/en/media-center/news->

[releases/Greenpeace-Responds-to-Climate-Progress-at-Todays-G7-Meeting/](#) (page consultée le 3 juillet 2015).

Gupta, Sanjeev et Michael Keen. 2015. Global Energy Subsidies Are Big—About US\$5 Trillion Big. *IMFdirect*. En ligne. <http://blog-imfdirect.imf.org/2015/05/18/global-energy-subsidies-are-big-about-us5-trillion-big/> (page consultée le 1<sup>er</sup> Octobre 2015)

Houle, David. 2015. *Les instruments pour la réduction des gaz à effet de serre: l'expérience des provinces canadiennes* (actes du séminaire « Changements climatiques: Bouleversements et transitions dans l'économie politique internationale » tenu dans le cadre de l'école d'été du CÉRIUM du 22 au 27 juin 2015). Montréal : Université de Montréal.

Houle, David, Erick Lachapelle et Barry Rabe. 2014. « Climate Compared: Sub-federal Dominance on a Global Issue ». Dans Luc Turgeon, Martin Papillon, Jennifer Wallner et Steve White (dir). *Comparing Canada : Methods and Perspectives on Canadian Politics*. Vancouver : UBC Press.

HSBC Global Research. 2015. *Stranded assets : what's next?* Londres : HSBC.

IEA. 2014a. *CO2 Emissions from Fuel Combustion 2014*. Paris : IEA.

IEA. 2014b. *World Energy Outlook 2014. Global energy trends to 2040*. Paris : IEA.

IEA. 2015a. *Tracking Clean Energy Progress 2015*. Paris : IEA.

IEA. 2015b. *Energy and Climate Change*. Paris : IEA.

IETA. 2015. « Benefits of Emissions Trading 101 ». *Emissions Trading Library 101*. En ligne. <https://ieta.memberclicks.net/assets/OTF/101s/benefits-for-emissions-trading-101-mar15.pdf> (page consultée le 10 juillet 2015).

IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Genève : IPCC.

IRENA. 2015. *Renewable power generation costs in 2014*. Abou Dabi : IRENA.

Jacovella, France. 2015. *Titre inconnu* (actes du séminaire « Changements climatiques: Bouleversements et transitions dans l'économie politique internationale » tenu dans le cadre de l'école d'été du CÉRIUM du 22 au 27 juin 2015). Montréal : Université de Montréal.

Kennedy, John F. 1962. Address on the first anniversary of the Alliance for Progress. Washington D.C. : White House.

Labrie, Marie-Hélène. 2015. *Le rôle des technologies propres dans le virage vers une économie verte, moderne et circulaire* (actes du séminaire « Changements climatiques: Bouleversements et transitions dans l'économie politique internationale » tenu dans le cadre de l'école d'été du CERIUM du 22 au 27 juin 2015). Montréal : Université de Montréal.

Lachapelle, Erick. 2015. *Opinion publique et leadership politique* (actes du séminaire « Changements climatiques: Bouleversements et transitions dans l'économie politique internationale » tenu dans le cadre de l'école d'été du CERIUM du 22 au 27 juin 2015). Montréal : Université de Montréal.

Le Point. 2015. « Climat : le G7 se prononce pour une "décarbonisation" de l'économie ». *Le Point*. En ligne. [http://www.lepoint.fr/environnement/climat-pour-hollande-le-communique-du-g7-va-dans-le-bon-sens-08-06-2015-1934537\\_1927.php](http://www.lepoint.fr/environnement/climat-pour-hollande-le-communique-du-g7-va-dans-le-bon-sens-08-06-2015-1934537_1927.php) (page consultée le 3 juillet 2015).

Lockridge, Karen. 2015. *Carbon bubble & climate risk—An Overview* (actes du séminaire « Changements climatiques: Bouleversements et transitions dans l'économie politique internationale » tenu dans le cadre de l'école d'été du CERIUM du 22 au 27 juin 2015). Montréal : Université de Montréal.

Lloyd's. 2010. *3600 Risk Insight. Sustainable Energy Security: Strategic risks and opportunities for business*. Londres : Lloyd's.

Martell, Allison et Mike De Souza. 2015. *Reuters*. En ligne <http://ca.reuters.com/article/domesticNews/idCAKBN0N41X220150413> (page consultée le 16 Juillet 2015).

Meloche, François. 2015. *Investissement responsable et changements climatiques* (actes du séminaire « Changements climatiques: Bouleversements et transitions dans l'économie politique internationale » tenu dans le cadre de l'école d'été du CERIUM du 22 au 27 juin 2015). Montréal : Université de Montréal.

Mousseau, Normand. 2015. *Énergie ou climat? Un défi au coeur du débat actuel* (actes du séminaire « Changements climatiques: Bouleversements et transitions dans l'économie politique internationale » tenu dans le cadre de l'école d'été du CERIUM du 22 au 27 juin 2015). Montréal : Université de Montréal.

Muller, Jean-Claude. 2015. « Photovoltaïque ». *Encyclopædia Universalis*. En ligne. <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/photovoltaique/> (page consultée le 2 juillet 2015).

Nolet, Jean-François. 2015. *Leave it in the ground? Quelle place pour les carburants fossiles dans un monde sobre en carbone? - Étude de cas: l'énergie éolienne* (actes du séminaire « Changements climatiques: Bouleversements et transitions dans l'économie politique internationale » tenu dans le cadre de l'école d'été du CÉRIUM du 22 au 27 juin 2015). Montréal : Université de Montréal.

Plumer, Brad. 2015. « Clean energy is growing fast – but it's not yet winning the race against fossil fuels ». Vox. En ligne. <http://www.vox.com/2015/4/15/8420297/fossil-fuels-race-renewables> (page consultée le 2 juillet 2015).

PRI. 2015. Signatories to the Principles for Responsible Investment. En ligne. <http://www.unpri.org/signatories/signatories/> (page consultée le 15 juillet 2015).

Purdon, Mark. 2015. *The Politics of Carbon Markets* (actes du séminaire « Changements climatiques: Bouleversements et transitions dans l'économie politique internationale » tenu dans le cadre de l'école d'été du CÉRIUM du 22 au 27 juin 2015). Montréal : Université de Montréal.

Purdon, Mark et Nathalie Sinclair-Desgagné. 2015. « Les retombées économiques prévues du marché du carbone conjoint entre la Californie et le Québec ». *Notes & Analyses de la Chaire d'études politiques et économiques américaines*. En ligne. <http://cerium.umontreal.ca/planete-terre/notes-danalyse/une-nouvelle/news/les-retombeeseconomiques-prevues-du-marche-du-car-18180/> (page consultée le 7 juillet 2015).

Redmond, Luke et Frank Convery. 2014. « The global carbon market-mechanism landscape : pre and post 2020 perspectives ». *Climate Policy*. En ligne. [http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14693062.2014.965126#.Vafem6R\\_Okp](http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14693062.2014.965126#.Vafem6R_Okp) (page consultée le 5 juillet 2015).

REN21. 2015. *Renewable 2015 – Global Status Report*. Paris : REN21.

Randall, Tom. 2015. « Fossil fuels just lost the race against renewables ». *Bloomberg Business*. En ligne <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-04-14/fossil-fuels-just-lost-the-race-againstrenewables> (page consultée le 2 juillet 2015).

Ritchie, Justin et Hadi Dowlatabadi. 2015. *Fossil Fuel Divestment : Reviewing Arguments, Implications and Policy Opportunities*. Victoria, Canada : Pacific Institute for Climate Solutions.

Roger, Simon. 2015. « La Chine dévoile ses ambitions pour la Conférence de Paris sur le climat ». *Le Monde*. En ligne. <http://www.lemonde.fr/paris-climat->

[2015/article/2015/06/30/la-chine-devoile-ses-ambitions-pour-la-conference-de-paris-sur-le-climat\\_4664796\\_4527432.html](http://2015/article/2015/06/30/la-chine-devoile-ses-ambitions-pour-la-conference-de-paris-sur-le-climat_4664796_4527432.html) (page consultée le 14 juillet 2015).

Scarpa de Masellis, Luigi. *COP 21 : Positionnement de l'Union européenne* (actes du séminaire « Changements climatiques: bouleversements et transitions dans l'économie politique internationale » tenu dans le cadre de l'école d'été du CERIUUM du 22 au 27 juin 2015). Montréal : Université de Montréal.

Séguin, Hugo. 2012. *The Green Economy Challenge to IPE* (actes de la conférence de l'International Studies Association tenue le 4 avril 2012). San Diego : International Studies Association.

Sinclair-Desgagné, Bernard. 2015. *L'économie des changements climatiques* (actes du séminaire « Changements climatiques: bouleversements et transitions dans l'économie politique internationale » tenu dans le cadre de l'école d'été du CERIUUM du 22 au 27 juin 2015). Montréal : Université de Montréal.

Sullivan, Katie. 2015. *Carbon Markets Worldwide. A Brave New (and Bottom-Up) World. The Whirlwind Tour.* (actes du séminaire « Changements climatiques: bouleversements et transitions dans l'économie politique internationale » tenu dans le cadre de l'école d'été du CERIUUM du 22 au 27 juin 2015). Montréal : Université de Montréal.

The PEW Charitable Trusts. 2014. *Who's Winning the Clean Energy Race? 2013*. Philadelphie, Pennsylvanie : The PEW Charitable Trusts.

The Shift Project Data Portal. 2015a. *Carbon Intensity of GDP*. En ligne. <http://www.tsp-data-portal.org/Carbon-Intensity-of-GDP#tspQvChart> (page consultée le 17 juillet 2015).

UNDP. 2012. *Le point sur la conférence de Durban : Les principaux résultats et le chemin restant à parcourir*. New York : UNDP.

UNEP. 2012. *The Emissions Gap Report 2012*. Nairobi : UNEP.

UNEP et Bloomberg New Energy Finance. 2011. *Global Trends in Renewable Energy Investment 2011. Analysis of trends and Issues in the Financing of Renewable Energy*. Francfort : UNEP.

Union of Concerned Scientists. 2015. *Countries Start to Engage on Paris Package, but Need to Pick Up Pace. Science Group Comments on Outcome of Climate Talks in Bonn*. En ligne. [http://www.ucsusa.org/news/press\\_release/paris-climate-talks-countries-start-to-engage-0502#.VZa3Lxt\\_Oko](http://www.ucsusa.org/news/press_release/paris-climate-talks-countries-start-to-engage-0502#.VZa3Lxt_Oko) (page consultée le 3 juillet 2015).

U.S. Energy Information Administration. 2015. « What is the difference between electricity generation capacity and electricity generation? ». *Frequently asked questions*. En ligne. <http://www.eia.gov/tools/faqs/faq.cfm?id=101&t=3> (page consultée le 2 juillet 2015).

World Bank. 2014a. « State & Trends Report Charts Global Growth of Carbon Pricing ». En ligne. <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2014/05/28/state-trends-report-tracks-global-growth-carbon-pricing> (page consultée le 14 juillet 2015).

World Bank. 2014b. *State and Trends of Carbon Pricing*. Washington D.C: World Bank.

World Bank. 2015a. *World Development Indicators. Energy use (kg of oil equivalent per capita)*. En ligne. <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&type=metadata&series=EG.USE.PCAP.KG.OE> (page consultée le 14 juillet 2015).

World Bank. 2015b. *World Development Indicators. CO2 émissions (kt)*. En ligne. <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&type=metadata&series=EG.USE.PCAP.KG.OE> (page consultée le 17 juillet 2015).

World Energy Council. 2013. *World Energy Perspective Cost of Energy Technologies*. Londres : World Energy Council.

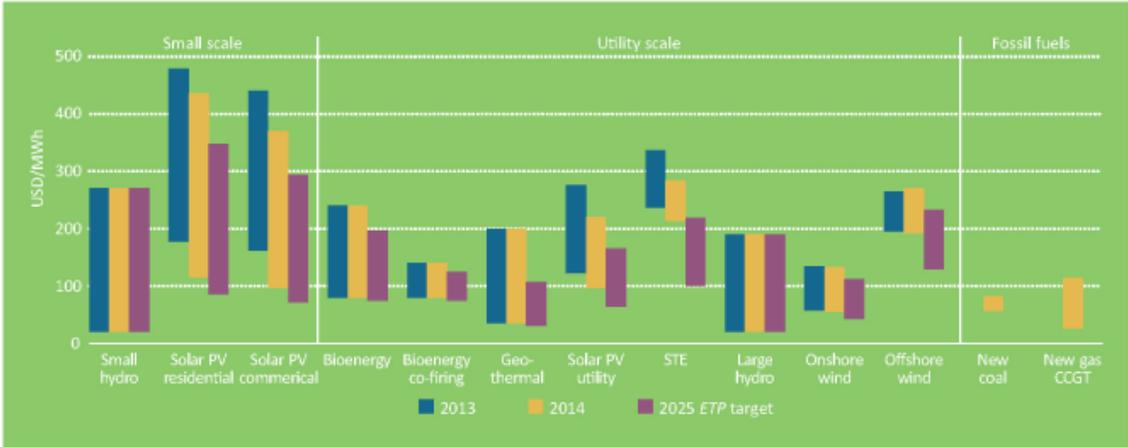
World Resource Institute. 2015. *Statement: WRI Response to G7 Summit Climate Outcomes*. En ligne. <http://www.wri.org/news/2015/06/statement-wri-response-g7-summit-climate-outcomes> (page consultée le 3 juillet 2015).

Woynillowicz, Dan, dir. 2015. *Tracking the Energy Revolution – Global. The events, milestones, and trends driving and defining the global #energyrevolution* (actes du séminaire « Changements climatiques: Bouversements et transitions dans l'économie politique internationale » tenu dans le cadre de l'école d'été du CÉRIUM du 22 au 27 juin 2015). Montréal : Université de Montréal.

Xiaoying , Shi. 2015. *Titre inconnu* (actes du séminaire « Changements climatiques: Bouversements et transitions dans l'économie politique internationale » tenu dans le cadre de l'école d'été du CÉRIUM du 22 au 27 juin 2015). Montréal : Université de Montréal.

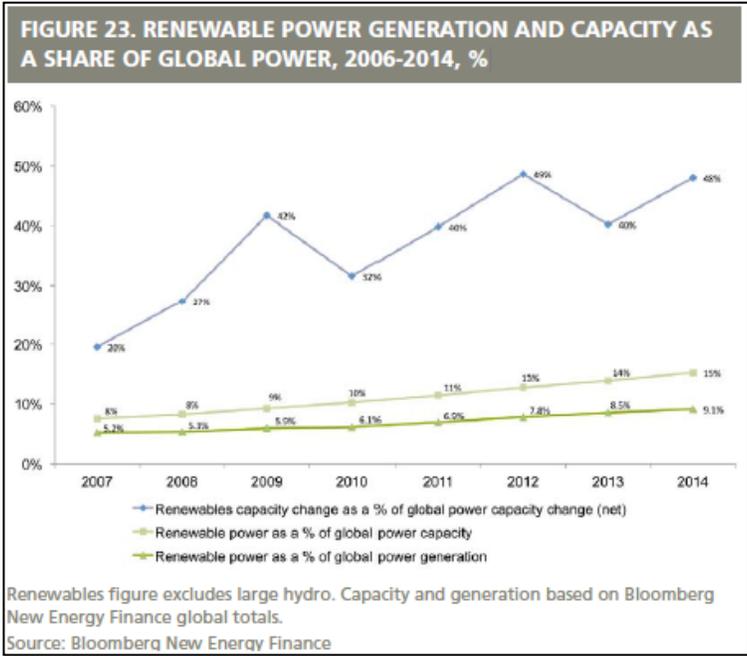
Tables et graphiques

Graphique 1.  
Levelised cost of electricity.



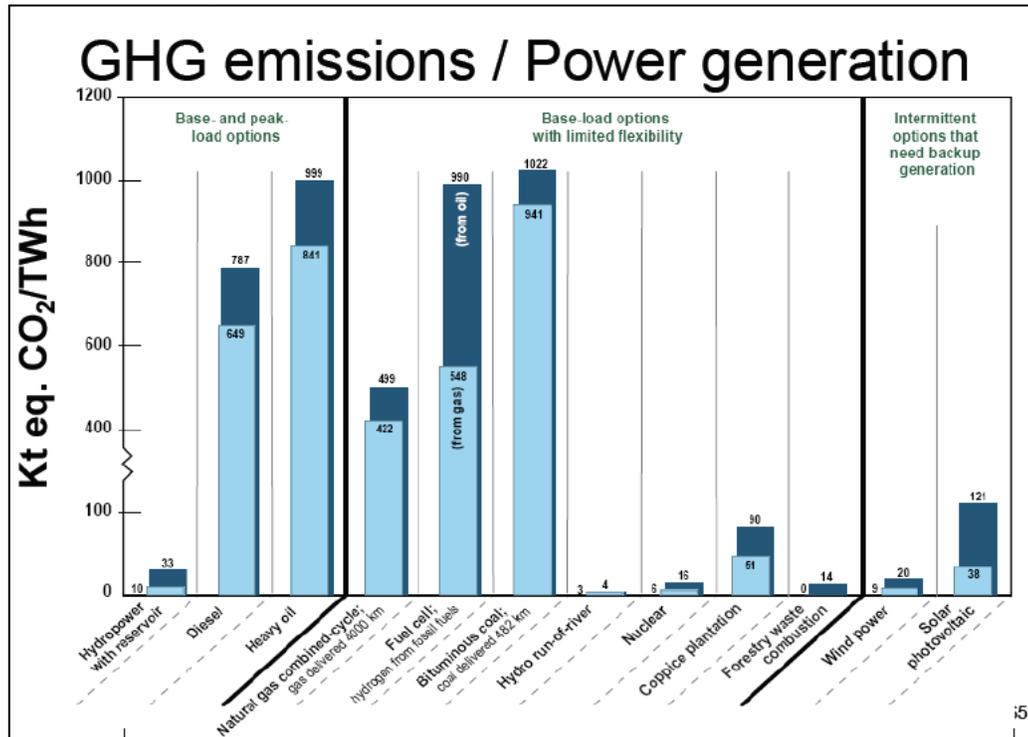
Source : IEA 2015a

Graphique 2.  
Renewable power generation and capacity as a share of global power, 2006-2014.



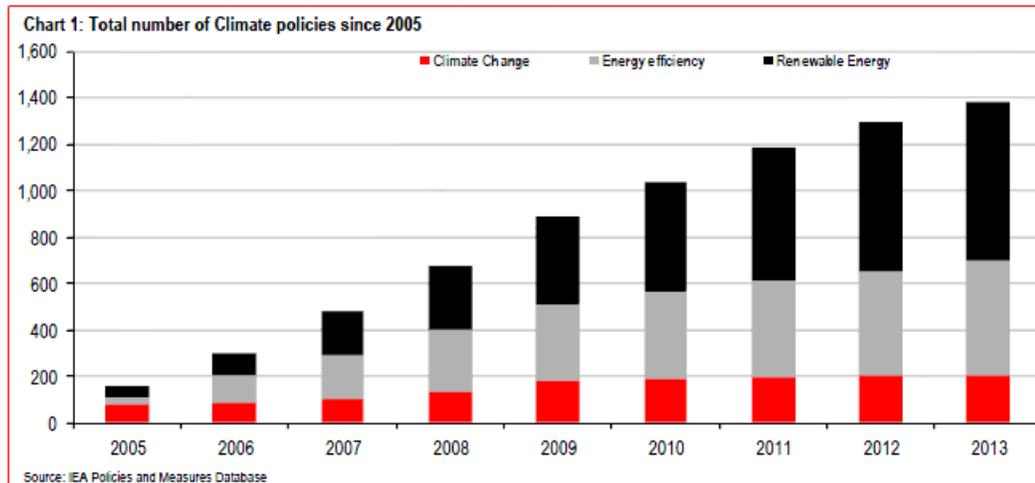
Source : BNEF, Frankfurt School et UNEP 2015

Graphique 3.  
GHG emissions per twh for different sources.



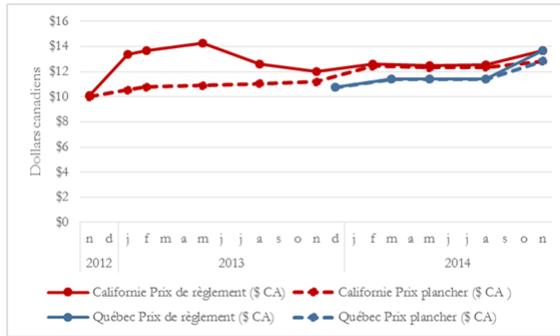
Source : Mousseau 2015.

Graphique 4.  
Nombre total de politiques climatiques depuis 2005.



Source : HSBC 2015.

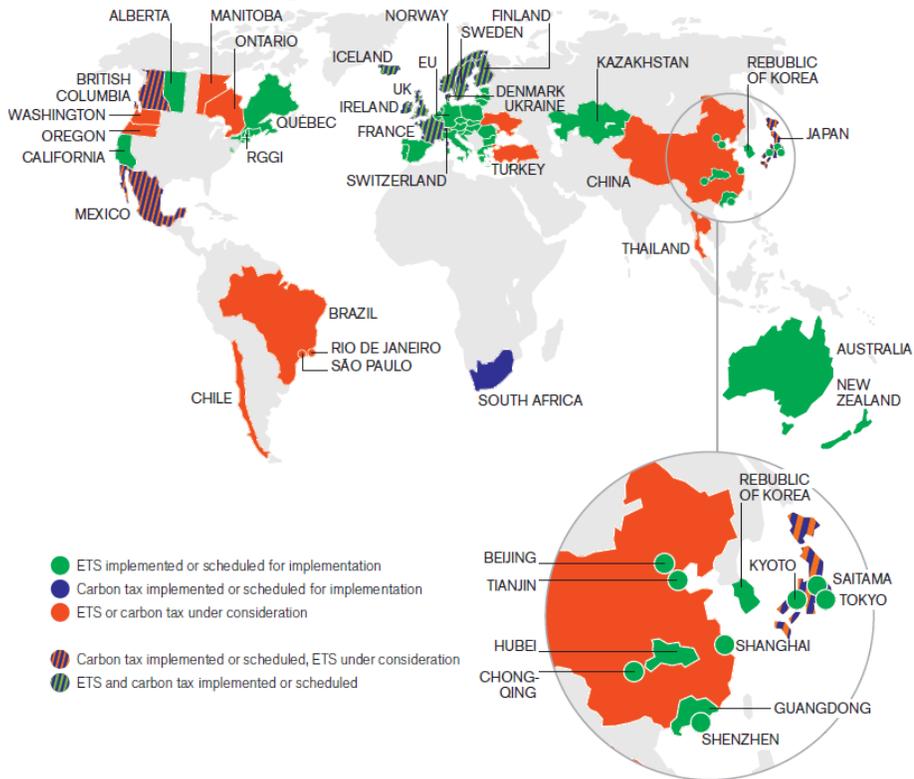
Graphique 5.  
**THE GOOD NEWS: California-Quebec Prices**



(Purdon & Sinclair-Desgagné 2015)

Source : Purdon 2015 ; Purdon et Sinclair-Desgagné 2015.

Graphique 6.  
 Summary map of existing, emerging, and potential regional, national and sub-national carbon pricing instruments (ETS and tax).



Note 1: The carbon pricing instruments under consideration (in orange) refer to emissions trading schemes, except in the case of Oregon, where discussions on the type of initiative to be implemented are underway.

Note 2: For more information on emissions trading schemes, see Figure 11. For more information on carbon taxes, see Figure 23.

Source : World Bank 2014b, 18.